

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DE FRANCE

CETTE SOCIÉTÉ, FONDÉE LE 17 MARS 1830,
A ÉTÉ AUTORISÉE ET RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE
PAR ORDONNANCE DU 3 AVRIL 1832.

CINQUIÈME SÉRIE

TOME DIX-SEPTIÈME

FASCICULE 1-2-3

LISTE DES MEMBRES, etc.

Feuilles 1 à 14 — Planches I-IX

52 figures, 3 tableaux dans le texte

PARIS
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
28, rue Serpente, VI

COMPTE DE CHÈQUES POSTAUX PARIS, N^o 173-72
Téléph. : DANTON 90-61

1947

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

FONDÉE LE 17 MARS 1830.

Établissement d'Utilité Publique, reconnu par Ordonnance du 3 avril 1832.

EXTRAITS DU RÈGLEMENT

ART. 2. — L'objet de la Société est de concourir à l'avancement de la Géologie en général et particulièrement de faire connaître le sol de la France, tant en lui-même que dans ses rapports avec les Arts industriels et l'Agriculture.

ART. 3. — Le nombre des membres de la Société est illimité. Les Français et les Étrangers peuvent également en faire partie. Il n'existe aucune distinction entre les membres.

ART. 42. — Pour assister aux séances, les personnes étrangères à la Société doivent être présentées chaque fois par un de ses membres.

ART. 46. — Aucune communication ou discussion ne peut avoir lieu sur des objets étrangers à la Géologie ou aux Sciences qui s'y rattachent.

ART. 48. — Chaque année, de juillet à novembre, la Société tiendra une ou plusieurs séances extraordinaires sur un point qui aura été préalablement déterminé.

ART. 55. — Tous les travaux destinés à l'impression doivent être inédits et avoir été présentés à une séance.

ART. 75. — Les auteurs reçoivent 50 tirages à part de leurs communications insérées au *Bulletin* : ils peuvent en outre en faire faire à leurs frais, en passant par l'intermédiaire du Secrétariat.

AVANTAGES ACCORDÉS AUX MEMBRES

Les membres de la Société reçoivent *gratuitement* les *Comptes rendus des séances et le Bulletin*.

Le service de la Bibliographie des Sciences géologiques n'est fait qu'aux membres qui envoient 350 fr. par an pour les frais de port et de manutention.

Les membres peuvent utiliser le prêt des livres à domicile (cautionnement 300 fr.).

Ils peuvent *acheter* à la Société : 1° avec une remise de 50 %, les *Comptes rendus et les Bulletins*, la *Bibliographie* ; 2° avec une rem. de 20 %, les *Mémoires de Géologie* (par mémoire), les *Mémoires de Paléontologie* (par mémoires séparés), les *Mémoires* (nouvelle série) par souscription au volume ou par mémoires séparés.

La Société met également en vente les ouvrages de Fontannes et de Cossmann. Catalogue et prix sur demande.

1. La remise ne s'applique que pour un seul exemplaire. Elle ne s'applique pas aux séries complètes, mises en réserve, qui ne sont vendues qu'après décision spéciale du Conseil.

CONDITIONS D'ADMISSION

Être présenté à une séance de la Société par deux de ses membres qui auront signé la présentation et avoir été proclamé dans la séance suivante (art. 4 du Règlement).

À défaut de deux parrains, adresser au Secrétariat un exposé de titres et références.

Cotisation : 500 francs par an.

Pour tous renseignements, achats et abonnements, s'adresser impersonnellement au Secrétaire de la Société, 28, rue Serpente, Paris, VI^e.

LISTE DES MEMBRES
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DE FRANCE

LISTE DES ANCIENS PRÉSIDENTS
LISTE DES LAURÉATS DES PRIX
LISTE DES MEMBRES A PERPÉTUITÉ
ADMINISTRATION POUR 1947

Janvier 1947



PARIS
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
28, Rue Serpente, VI
Téléph. : DANTON 90 61

—
1947

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

LISTE DES ANCIENS PRÉSIDENTS

MM.

1830. { † AMI BOUÉ.
† DE ROISSY.
1831. † CORDIER.
1832. † BRONGNIART (Alex.).
1833. † DE BONNARD.
1834. † CONSTANT PRÉVOST.
1835. † AMI BOUÉ.
1836. † ÉLIE DE BEAUMONT.
1837. † DUFRÉNOY.
1838. † CORDIER.
1839. † CONSTANT PRÉVOST.
1840. † BRONGNIART (Alex.).
1841. † PASSY.
1842. † CORDIER.
1843. † D'ORBIGNY (Alcide).
1844. † D'ARCHIAC.
1845. † ÉLIE DE BEAUMONT.
1846. † DE VERNEUIL.
1847. † DUFRÉNOY.
1848. † MICHELIN.
1849. † D'ARCHIAC.
1850. † ÉLIE DE BEAUMONT.
1851. † CONSTANT PRÉVOST.
1852. † D'OMALIUS D'HALLOY.
1853. † DE VERNEUIL.
1854. † D'ARCHIAC.
1855. † ÉLIE DE BEAUMONT.
1856. † DESHAYES.
1857. † DAMOUR.
1858. † VIKESNEL.
1859. † HÉBERT.
1860. † LEVALLOIS.
1861. † S^{te}-CLAIRE-DEVILLÉ (Ch.).
1862. † DELESSE.
1863. † GAUDRY (Albert).
1864. † DAUBRÉE.
1865. † GRUNER (L.).
1866. † LARTET (Édouard).
1867. † DE VERNEUIL.
1868. † BELGRAND.
1869. † DE BILLY.
1870-71 † GERVAIS (P.).
1872. † HÉBERT.
1873. † DE ROYS (Marquis).
1874. † COTTEAU.
1875. † JANNETTAZ (Ed.).
1876. † PELLAT (Ed.).

MM.

1877. † TOURNOUËR (R.).
1878. † GAUDRY (Albert).
1879. † DAUBRÉE.
1880. † DE LAPPARENT (Albert).
1881. † FISCHER.
1882. † DOUVILLÉ (Henri).
1883. † LORY (Ch.).
1884. † PARRAN.
1885. † MALLARD.
1886. † COTTEAU.
1887. † GAUDRY (Albert).
1888. † SCHLUMBERGER.
1889. † HÉBERT.
1890. † BERTRAND (Marcel).
1891. † MUNIER-CHALMAS.
1892. † MICHEL-LÉVY (Aug.).
1893. † ZEILLER.
1894. † GOSSELET.
1895. † LINDER.
1896. † DOLLFUS (G.-F.).
1897. † BARROIS (Ch.).
1898. † BERGERON (Jules).
1899. † DE MARGERIE (Emm.).
1900. † DE LAPPARENT (Albert).
1901. † CAREZ (Léon).
1902. † HAUG (Émile).
1903. † BOULE (Marcellin).
1904. † TERMIER (Pierre).
1905. † PERON (A.).
1906. † BOISTEL (A.).
1907. † CAYEUX (L.).
1908. † DOUVILLÉ (Henri).
1909. † JANET (Léon).
1910. † LACROIX (A.).
1911. † OEHLERT (D.).
1912. † GENTIL (Louis).
1913. † STANISLAS MEUNIER.
1914. † THEVENIN (A.).
1915. † COSSMANN (M.).
1916. † DOLLFUS (G.-F.).
1917. † JOURDY (E.).
1918. † BERTRAND (Léon).
1919. † DE MARGERIE (Emm.).
1920. † TERMIER (Pierre).
1921. † ZURCHER (Ph.).
1922. † LACROIX (A.).
1923. † LEMOINE (Paul).

MM.	MM.
1924. † DELAFOND (Fr.).	1936. † LEMOINE (P.).
1925. † MOURET (G.).	1937. BLONDEL (F.).
1926. TEILHARD DE CHARDIN (P.).	1938. PIVETEAU (J.).
1927. † LAMBERT (J.).	1939. RAGUIN (E.).
1928. † JOLEAUD (L.).	1940. † MORELLET (L.).
1929. † TERMIER (Pierre).	1941. † MORELLET (L.).
1930. LACROIX (A.).	1942. BARRABÉ (L.).
1931. JACOB (Ch.).	1943. BOURCART (J.).
1932. LANQUINE (A.).	1944. LAMARE (P.).
1933. LUTAUD (L.).	1945. FALLOT (P.).
1934. MICHEL-LÉVY (Alb.).	1946. DEMAY (A.).
1935. † CAYEUX (L.).	

LAURÉATS DU PRIX VIKESNEL

MM.	MM.
1876. † MUNIER-CHALMAS	1910. † DOUVILLÉ (Robert).
1877. † BARROIS (Ch.).	1912. † ROMAN (F.).
1878. † FABRE (G.).	1914. † FLAMAND (G. B. M.).
1879. † FONTANNES (F.).	1916. † JOLEAUD (L.).
1880. † HERMITE.	1918. † PIROUTET (M.).
1881. † OEHLERT (D.).	1920. † REPELIN (J.).
1882. † VASSEUR (G.).	1922. TEILHARD DE CHARDIN (P.).
1883. † DOLLFUS (G.-F.).	1924. BOURCART (Jacques).
1884. † LEENHARDT (Fr.).	1926. DUBOIS (G.).
1887. † MICHEL-LÉVY (Aug.).	1928. FROMAGET (J.).
1890. † BERGERON (J.).	1930. MORET (L.).
1893. † HAUG (Émile).	1932. JUNG (J.).
1896. † COSSMANN (M.).	1934. CASTERAS (Marcel).
1898. † GLANGEAUD (Ph.).	1936. DUBAR (G.).
1900. † CHOFFAT (Paul).	1938. GLANGEAUD (L.).
1902. † ROUSSEL (Joseph).	1940. M ^{lle} ALIMEN (H.).
1904. † PERVINQUIÈRE (Léon).	1942. SCHNEEGANS (D.).
1906. † BRESSON (A.).	1944. DE LAPPARENT (A.-F.).
1908. † THEVENIN (A.).	1946. CUVILLIER (J.).

LAURÉATS DU PRIX FONTANNES

MM.	MM.
1889. † BERTRAND (Marcel).	1919. † CHUDEAU (R.).
1891. † BARROIS (Ch.).	1921. MENGAUD (L.).
1893. † KILIAN (W.).	1923. FALLOT (Paul).
1895. † DELAFOND (Fr.).	1926. DELÉPINE (G.).
1897. † BOULE (Marcellin).	1927. ABRARD (R.).
1899. † FICHEUR (E.).	1929. DAGUIN (F.).
1901. † PAQUIER (V.-L.).	1931. LANQUINE (A.).
1903. † GENTIL (Louis).	1933. ROCH (E.).
1905. † CAYEUX (L.).	1935. † LACOSTE (J.).
1907. † LEMOINE (Paul).	1937. TERMIER (H.).
1909. JACOB (Ch.).	1939. LAMARE (P.).
1911. † RÉVIL (J.).	1942. LAFFITE (R.).
1913. † BOUSSAC (J.).	1943. MATHIEU (G.).
1915. GIGNOUX (Maurice).	1945. LUCAS (G.).
1917. † MANSUY (H.).	

LAURÉATS DU PRIX PRESTWICH

MM.	MM.
1903. † TERMIER (Pierre).	1927. † BERTRAND (Paul).
1906. † LUGEON (Maurice).	1930. JACOB (Ch.).
1909. † CAREZ (Léon).	1933. DALLONI (M.).
1912. DE MARGERIE (Emm.).	1936. † CHAPUT (E.).
1915. BERTRAND (Léon).	1939. DE LAPPARENT (J.).
1918. BIGOT (A.).	1942. PIVETEAU (J.).
1921. LERICHE (M.).	1943. KING (W. B. R.).
1924. † DOLLFUS (G.-F.).	

LAURÉATS DU PRIX ALBERT GAUDRY

MM.	MM.
1911. † BOULE (Marcellin).	1920. † TERMIER (P.).
1912. † DOUVILLÉ (Henri).	1921. † KILIAN (W.).
1913. † SUESS (Ed.).	1926. { † PAVLOW (A. P.).
1914. † HAUG (Émile).	{ PAVLOW (M ^{me} A. P.).
1917. † WALCOTT (C.D.).	1932. † CAYEUX (L.).
1918. † OSBORN (H. F.).	1946. BIGOT (A.).
1919. LACROIX (A.).	

LAURÉATS DU PRIX GOSSELET

MM.	MM.
1911. † NICKLÈS (R.).	1931. DOLLÉ (L.).
1917. † CAYEUX (L.).	1936. BESAIRIE (H.).
1921. PRUVOST (P.).	1942. DUPARQUE (A.).
1926. { BARRABÉ (L.).	1946. SCHOELLER (H.).
{ † VIENNOT (P.).	

MEMBRES A PERPÉTUITÉ

Sont membres à perpétuité les personnes qui donnent ou lèguent à la Société une somme d'au moins cinq mille francs.

† BAROTTE (J.).	† GRAD (Ch.).
† DE BARY (Em.).	† JACKSON (James).
† BAZILLE (Louis).	† LAGRANGE (Docteur).
BERNET (E.).	† DE LAMOTHE (Colonel).
† BIOCHE (Alphonse).	† DE LAMOTHE (Général).
† BOITON (H.).	† LEMOINE (Paul).
† CAREZ (L.).	† LEVALLOIS (J.).
† CAYEUX (L.).	† LINDER (O.).
† CHEUX (Albert).	† MANSUY (H.).
† COSSMANN (M.).	† MIEG (Matthieu).
† COTTEAU (Gustave).	† PARANDIER.
† DANTON.	† PRESTWICH (Joseph).
† DAUBRÉE (A.).	† RAYMOND (Ferdinand).
† DELAFOND (F.).	† DE RIAZ (Auguste).
† DOLLFUS-AUSSET (Daniel).	† ROBERTON (Docteur).
† DOUVILLÉ (Henri).	† STRIGEOFF (Ivan).
† FONTANNES (M ^{me} C.).	† TOURNOUËR (R.).
† FONTANNES (F.).	† DE VERNEUIL (Édouard).
† GAUDRY (Albert).	† VIKESNEL.
† GOSSELET (J.).	† VIRLET D'Aoust.

ANGLO IRANIAN OIL C^o.

BIBLIOTHÈQUE CENTRALE DU DÉPARTEMENT DES INDUSTRIES GOUVERNEMENTALES
A BANDOENG (Indes Néerl.).

BIBLIOTHÈQUE DE L'UNIVERSITÉ DE BALE (Suisse).

CHAMBRE SYNDICALE DE L'INDUSTRIE DU PÉTROLE.

COMMISSION DES ARDOISIÈRES D'ANGERS.

COMPAGNIE DE PRODUITS CHIMIQUES ET ÉLECTROMÉTALLURGIQUES ALAIS,
FROGES ET CAMARGUE.

COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE.

COMPAGNIE DES FORGES DE CHATILLON, COMMENTRY ET NEUVES-MAISONS.

COMPAGNIE DES MINERAIS DE FER MAGNÉTIQUE DE MOKTA-EL-HADID.

COMPAGNIE DES MINES D'ANICHE.

COMPAGNIE DES MINES D'ANTHRACITE DE LA MURE.

COMPAGNIE DES MINES D'ANZIN.

COMPAGNIE DES MINES DE BÉTHUNE.

COMPAGNIE DES MINES DE BRUAY.

COMPAGNIE DES MINES DE COURRIÈRES.

COMPAGNIE DES MINES DE HOUILLE DE MARLES.

COMPAGNIE DES MINES DE LA GRAND'COMBE.

COMPAGNIE DES MINES DE L'ESCARPELLE.

COMPAGNIE DES MINES DE ROCHE-LA-MOLIERE ET FIRMINY.

COMPAGNIE DES MINES DE VICOIGNE, NOËUX ET DROCOURT.

COMPAGNIE DES MINES D'OUASTA ET DE MESLOULA.

COMPAGNIE DES PHOSPHATES DE CONSTANTINE.

COMPAGNIE DES PHOSPHATES ET DU CHEMIN DE FER DE GAFSA.

COMPAGNIE INDUSTRIELLE DES PÉTROLES.

COMPAGNIE STANDARD FRANCO-AMÉRICAINE.

COMPAGNIE MINIÈRE DU CONGO FRANÇAIS.

FORGES DE HAYANGE ET MOYEUVE (LES PETITS-FILS DE FRANÇOIS DE
WENDEL ET C^{ie}).

GROUPE DES FORGES ET ACIÉRIES DU NORD ET DE L'EST.

INSTITUT GÉOLOGIQUE DE CLUJ (Roumanie).

INSTITUT GÉOLOGIQUE DE L'UNIVERSITÉ MASARYK (Tchéco-Slovaquie).

OFFICE CHÉRIFIEN DES PHOSPHATES (Maroc).

PECHELBRONN.

SCHNEIDER ET C^{ie}.

SERVICE DES MINES DE LA DIRECTION GÉNÉRALE DES TRAVAUX PUBLICS DU MAROC.

SOCIÉTÉ ANONYME DE COMMENTRY-FOURCHAMBAULT ET DECAZEVILLE.

SOCIÉTÉ ANONYME DES ACIÉRIES DE FRANCE.

SOCIÉTÉ ANONYME DES HAUTS-FOURNEAUX ET FONDERIES DE PONT-A-MOUSSON.

SOCIÉTÉ ANONYME DES HOUILLÈRES DE BESSÈGES.

SOCIÉTÉ ANONYME DES HOUILLÈRES DE LA HAUTE-LOIRE.

SOCIÉTÉ ANONYME DES HOUILLÈRES DE MONTRAMBERT ET DE LA BÉRAUDIÈRE.

SOCIÉTÉ ANONYME DES HOUILLÈRES DE ROCHEBELLE.

SOCIÉTÉ ANONYME DES HOUILLÈRES DE SAINT-ÉTIENNE.

SOCIÉTÉ ANONYME DES MINES D'ALBI.

SOCIÉTÉ ANONYME DES MINES DE HOUILLE DE BLANZY.

SOCIÉTÉ ANONYME DES MINES DE KALI SAINTE-THÉRÈSE.

SOCIÉTÉ ANONYME DES MINES DE SAINT-REMY-SUR-ORNE.

SOCIÉTÉ ANONYME DES MINES ET FONDERIES DE PONTGIBAUD.

SOCIÉTÉ ANONYME DES SALINÈS DE FRANCHÉ-COMTÉ.

SOCIÉTÉ DE SAINT-GOBAIN, CHAUNY ET CIREY.

SOCIÉTÉ DES HAUTS-FOURNEAUX DE ROUEN.

SOCIÉTÉ DES MINES DE CARMAUX.
 SOCIÉTÉ DES MINES DE DOURGES.
 SOCIÉTÉ DES MINES DE LA LOIRE.
 SOCIÉTÉ DES MINES DE LENS.
 SOCIÉTÉ HOUILLÈRE DE LIÉVIN.
 SOCIÉTÉ HOUILLÈRE DE SARRE ET MOSELLE:
 SOCIÉTÉ MINIÈRE ET MÉTALLURGIQUE DE PEÑARROYA.
 SOCIÉTÉ NOUVELLE DES CHARBONNAGES DES BOUCHES-DU-RHÔNE.
 SOCIÉTÉ PÉTROLIFÈRE DE RECHERCHES ET D'EXPLOITATION.
 STATION VITICOLE DE VILLEFRANCHE-SUR-SAÔNE.

MEMBRES ASSOCIÉS ÉTRANGERS

1946.	LUGEON (Maurice).	1946.	FOURMARIER (Paul F.-S.).
1946.	BAILEY WILLIS.	1946.	STENSIÖ (Erik. H. O.).
1946.	WATSON (D. M. S.).	1946.	RENIER (Armand).
1946.	DALY (Reginald-A.).	1946.	SÄVE-SÖDENBERG.

MEMBRES CORRESPONDANTS ÉTRANGERS

1946.	BERKEY (Charles-P.).	1946.	EMMONS (William-H.).
1946.	BUXTORF Auguste).	1946.	NIGGLI (Paul).
1946.	MARIN Y BERTRAN DE LIS	1946.	KOCH (Lauge).
	(Agustin).	1946.	MACOVEI (Georges).
1946.	DU TOIT (ALEX.-L.).	1946.	KETTNER (Radim).

MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ MORTS POUR LA FRANCE (1914-1918)

MM.	MM.	MM.
BEUGNOT (Th.).	CAYE (Charles).	LONGCHAMON (Michel).
BLANC (René).	CHAMPAGNE (Émile).	DE ROMEU (Albert).
BOUSSAC (Jean).	COLLARD (Maurice).	TESSIER (Marcel).
BOYER (Georges).	DOUVILLÉ (Robert).	THEVENIN (Armand).
BRETON (Jean).	GROTH (Jean).	WEHRLIN (Jacques).
CALLENS (E.).	DE LAMOTHE (René).	

Membres de la Société décédés en 1939.

MM.	MM.	MM.
BARROIS (Charles).	JORDAN (Paul).	MERCIAT (Giuseppe).
BARTON (Donald C.).	LECARON (Émile).	O'GORMAN (Gaëtan).
BOURSAULT (Henri).	LEWINSKY (J.).	PIROUTET (Maurice).

Membres de la Société décédés en 1940.

MM.	MM.	MM.
AGUILAR SANTILLAN (R.).	HUMERY (R.).	PICQUENARD (Ch.-A.).
ARGAND (Émile).	LAMBERT (Jules).	SILBERRAD (C.-A.).
DUTERTRE (A.-P.).	LE COMTE (André).	WACHÉ (Georges).
GIN (Étienne).	LEMOINE (Paul).	YOVANOVITCH (B.).
GUBLER (Jean).	MAZÈRES (Raymond).	

Membres de la Société décédés en 1941.

MM.	MM.	MM.
BABET (Victor).	FOURNIER (Eugène).	MAIRE (Victor).
BALL (John).	GOURDON (Maurice).	MALLET (Jacques).
BOURDEAU (Jean-Marie).	HUBERT (Henri).	MARTY (Pierre).
BRUN (Pierre de).	JOURDY (Gal Émile).	MAURIN (Émile).
CHAPUIS (Albert).	KELLER (Alexandre).	MAURY (Eugène).
DURAND (J.-F.).	LANTENOIS (H.).	STEHLIN (H.-G.).

Membres de la Société décédés en 1942.

Mlle	MM.	MM.
COLANI (M.).	FAURA I SANS (M.).	MOLENGRAAFF (G.-A.-F.).
MM.	LACOSTE (Jean).	POISOT (Paul).
BARTHÉLÉMY (Y.).	LAGORGETTE (Jean).	REPELIN (Joseph).
BLONDET (Henri).	MEYENDORFF (A. de).	ROUX (Henri).
BOULE (Marcellin).		

Membres de la Société décédés en 1943.

MM.	MM.	MM.
ARBENZ (Paul).	CHICHERY (M.).	ROMAN (Frédéric).
BUJALSKI (B.).	DEHU (D ^r).	STAINIER (Xavier).
CHAPUT (Ernest).	IMBEAUX (Édouard).	VANDERNOTTE (Louis).

Membres de la Société décédés en 1944.

Mlle	MM.	MM.
PENDER (Juliette).	CAYEUX (Lucien).	SCHMIDT (Frédéric).
MM.	DARDER I PARICAS (B.)	VALLE DE LERSUNDI (A. DEL).
BERTRAND (Paul).	MRAZEC (Ludovic).	
BUNGE (E.-M.).		
CLAPP (F.-G.).		

Membres de la Société décédés en 1945.

MM.	MM.	MM.
BASTIN DE LONGUEVILLE.	COTTREAU (Jean).	MORELLET (Lucien).
BERLAND (Louis).	DUBUC (E.-M.).	PANTHIER (A.).
BEZAGU (Louis).	FORTIN (Raoul).	PITON (Louis).
BOIZARD DE GUIZE (J.).	HOFFET (J.-H.).	SIMONOT (C.-F.).
BOUZANQUET.	MALAVOY (Jean).	SULČ (Jaroslav).
COLLIN (Léon).		

Membres de la Société décédés en 1946.

MM.	MM.	MM.
BERNOULLI (Walter).	PUSSENOT (Ch.).	VOITESTI (J.-P.).
BRESSON (A.).	SINCLAIR (Joseph-H.).	

ADMINISTRATION
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
pour l'année 1947.

BUREAU

Président, 1947 : René ABRARD.
Vice-Présidents, 1947 : Pierre PRUVOST, André CAILLEUX, Marcel THORAL,
P. T. COX.
Secrétaires, 1947 : P. LAPADU-HARGUES ; 1947-48 : P. DE SAINT-SEINE.
Vice-Secrétaires, 1947 : Jacques SIGAL ; 1947-48 : Jean RICOUR.
Trésorier, 1947 : Robert SOYER.
Archiviste, 1947-48 : M^{lle} H. ALIMEN.

CONSEIL

1947 : P. LAMARE, M^{lle} C. DECHASEAUX, A.-F. DE LAPPARENT, P. BONNET.
1947-48 : P. FALLOT, J. GOGUEL, A. LANQUINE, E. RAGUIN.
1947-48-49 : A. DEMAY, A. CHAVAN, G. LECOINTRE, J. CUVILLIER.

COMMISSIONS

Bulletin : 1947 : P. LAMARE, E. RAGUIN ; 1947-48 : P. FALLOT, A.-F. DE LAPPARENT ; 1947-48-49 : J. PIVETEAU, L. LUTAUD.

Mémoires : 1947 : A. LANQUINE, E. ROCH ; 1947-48 : J. PIVETEAU, L. LUTAUD ; 1947-48-49 : J. GOGUEL, J. DE LAPPARENT.

Bibliographie : Emm. DE MARGERIE, L. BERTRAND, R. FURON, J. PIVETEAU, M^{me} DE MÉNORVAL, M^{lle} C. DECHASEAUX, J. WYART, J. ORCEL au titre de délégué de la Société française de Minéralogie.

Archives et Bibliothèque : Emm. DE MARGERIE, C. ARAMBOURG, J. GOGUEL.

Le Bureau fait partie des Commissions d'impression et des Archives.

Aide aux Jeunes : J. PIVETEAU, J. BOURCART, R. FURON, J. WYART, L. BARRABÉ.

Comptabilité : L. LUTAUD, J. MORELLET, L. BOURLIER.

Prix : Le président et les vice-présidents du Bureau, les anciens présidents, les lauréats et MM. P. LORY, A. CARPENTIER, G. CORROY, G. DENIZOT, G. DUBOIS.

Délégués à la Fédération française des Sociétés de Sciences naturelles :
MM. L. LUTAUD, P. BONNET, C. ARAMBOURG.

LISTE GÉNÉRALE DES MEMBRES

AU 1^{er} JANVIER 1947¹

Le signe [P] indique les membres à perpétuité, l'astérisque* les membres à vie,
le signe [A] les membres associés, le signe [C] les membres correspondants.

-
- 1917 * **Abendanon (E.-C.)**, Ing. des Mines, Hooge Weidenlaan, 7, Voorburg (Pays-Bas).
 - 1920 **Abrard (René)**, Directeur du Lab. de Géol. du Muséum nat. d'H. N., 47, r. Cardinet, Paris, XVII.
 - 1925 **Academia de Ciencias y Artes** de Barcelone, Rembla de Estudios, 9 (Espagne).
 - 1920 * **Adkins (W.S.)**, Bureau of Economic Geology, University of Texas, Austin (Texas, E. U. A.).
 - 1927 **Agafonoff (V.)**, anc. Professeur à l'Univ. de Simféropol, Montebello, av. Valrose, Nice (Alpes-Maritimes).
 - 1931 **Agalède (Henry)**, Directeur du Serv. des Sols de l'Aveyron, coll. adj. Serv. Carte Géol. France, 67, r. Bêteille, Rodez (Aveyron).
 - 1946 **Agard (Jules)**, Ing. civil des Mines, Serv. Géol. du Maroc, Rabat (Maroc).
 - 1945 **Alastruc y Castillo (Eduardo)**, Professeur de Géol. à l'Univ. de Séville (Espagne).
 - 1938 **Alibert (Marcelle)**, Professeur au Lycée de Jeunes Filles, 5, r. de la Pomme, Toulouse (Haute-Garonne).
 - 1928 **Alimen (M^{lle} Henriette)**, Dr ès sc., Professeur à l'École normale supérieure de Fontenay-aux-Roses, 42, r. Achille-Garnon, Sceaux (Seine).
 - 1936 **Allègre (Roger)**, Professeur agr. des Sc. nat., Coll. Serv. Carte Géol. France, École maternelle, r. des Acacias, Champigny-sur-Marne (Seine).
 - 1945 **Allix (André)**, Recteur de l'Univ. de Lyon (Rhône).
 - 1928 **Alloiteau (James)**, Lic. ès sc., 11, r. de Fontenay, Bourg-la-Reine (Seine).
 - 1905 * **Allorge (Maurice)**, ancien Lecteur de Géogr. phys. à l'Univ. d'Oxford, 37, r. d'Alsace, Mantes (S.-et-O.).
 - 1929 * **Amstutz (André)**, Dr ès sc., Chambésy-Genève (Suisse).
 - 1932 **Anderson (Robert van Vleck)**, Dep. of Geology, Stanford University, California (E. U. A.).
 - 1933 **Andrade (Carlos Freire de)**, Ing. des Mines, Professeur à l'Univ. de Lisboa, Lab. de Min. e Geol., Lisboa (Portugal).
 - 1931 **André (Auguste-Célestin-Marie)**, Chimiste-Minéralogiste, Le Panorama, 103, av. Fromenteau, Savigny-sur-Orge (S.-et-O.).
 - 1938 **Andrew (Gerald)**, P. O. Box 410, Khartum par Le Caire (Anglo-Egyptian Sudan).

1. Les adresses ont été notées en novembre 1947 à la Société géologique.

- 1933 **Andrusov (Dimitrij)**, Professeur à l'Université de Bratislava (Tchécoslovaquie).
- 1929 [P] **Anglo-Iranian Oil Co**, Britannic House, Finsburg Circus, Londres E. C. 2 (Gr.-Bret.).
- 1921 **Anthoine (Raymond)**, Ing.-Géologue, 34, av. des Nations, Bruxelles (Belgique).
- 1942 **Antoine (Maurice)**, Professeur honoraire, 6, r. du Roussillon, Casablanca (Maroc).
- 1935 **Antonini (André)**, Lic. ès sc. nat., Diplômé d'Études supér., Professeur au Lycée de Garçons, Bastia (Corse).
- 1918 **Arambourg (Camille)**, Professeur de Pal. au Muséum nat. d'H. N., 36, r. Geoffroy Saint-Hilaire, Paris, V.
- 1944 **Arnould (Michel)**, Géologue à la Direction des Trav. Publics, Serv. des Mines, Tunis (Tunisie).
- 1946 **Artières (Aimé-Auguste)**, Micropaléontologiste à la R. A. P., pl. du Pilat, Saint-Gaudens (Haute-Garonne).
- 1939 **Asfia (Safi)**, Ing. civil des Mines, Fac. Technique, Univ. de Téhéran (Iran).
- 1924 * **Asselberghs (Étienne)**, Dr ès sc., Professeur à l'Univ., 119 bis, av. des Alliés, Louvain (Belgique).
- 1920 **Astre (G.)**, Dr en pharmacie, Directeur du Mus. d'Hist. Nat., Chargé de Cours à la Fac. des Sc., 47, r. Barrau, Toulouse (Haute-Garonne).
- 1931 **Atanasiu (Ion)**, Professeur à l'Univ., Lab. de géol., Bul Bratianu, Bucarest (Roumanie).
- 1937 **Aubert (Georges)**, Chef de Travaux à l'Inst. des Recherches agronomiques, 71, av. de Breteuil, Paris, XV.
- 1922 **Aubert de La Rüe (Edgar)**, Dr ès sc., Ing.-Géologue, 18, r. Ribera, Paris, XVI.
- 1922 **Aufrère (Léon)**, Maître de Recherches, 15, r. Daubenton, Paris, V.
- 1942 **Aureau**, Ing. du Génie Rural, 6, r. Villeneuve, Foix (Ariège).
- 1941 **Aussel (Joseph-Théodore)**, Ing., 33, r. Saint-Dominique, Paris, VII.
- 1928 **Auzel (M^{lle} Marguerite-Henriette)**, Lic. ès sc., 5, square de la Bresse, Paris, XVI.
- 1945 **Avias (Jacques Victorin-Armand)**, Agr. des Sc. nat., 28, pl. Saint-Sauveur, Caen (Calvados).
- 1934 **Avnimelech (Moché)**, Assistant au Lab. de Géol. de l'Univ. hébraïque, Jérusalem (Palestine).
- 1942 **Awad (Hassan)**, Lic. ès lettres, 4, r. Tournefort, Paris, V.
- 1924 **Aymé (A.)**, Lic. ès sc., 43 bis, chemin du Télémy, Alger (Algérie).
- 1922 **Azam (Aimé)**, Dr U. P., 1, av. Marceau, Paris, XVI.
- 1889 **Azéma (Joseph)**, Lic. ès sc., 7, r. d'Enrouge, Pamiers (Ariège).
- 1937 **Bacherelly (André)**, Ing. au Corps des Mines, El Hajeb (Maroc).
- 1929 **Backlund (Helge)**, Professeur de Min. et de Géol. Geological Institution of the Univ., Upsala (Suède).
- 1937 **Baeckeroot (Abbé G.)**, Dr ès lettres, Lic. ès sc. nat., Professeur de Géogr. à la Fac. libre des Lettres, 60, bd Vauban, Lille (Nord).
- 1946 [A] **Bailey (Ed. B.)**, Geol. Surv., Exhibition road, South Kensington, Londres S. W. 7 (Gr.-Bret.).
- 1946 [A] **Bailey-Willis**, Professeur à la Stanford University (Californie, E. U. A.).
- 1934 **Baja (Roger)**, Agr. des Sc. Nat., Professeur au Lycée Saint-Charles, 13, r. Croix-de-Régnier, Marseille (B.-du-Rh.).

- 1946 **Balavoine (Pierre)**, Aide-technique au Lab. de Géol. du Mus. Nat. d'H. N., 10, r. Berteaux-Dumas, Neuilly-sur-Seine (Seine).
- 1945 **Balcon (Joseph-Marie)**, Géologue au Serv. des Rech. Min., Colomb-Béchar (Sud-Oranais, Algérie).
- 1938 **Balland (René)**, Agr. des Sc. nat., Professeur au Lycée Buffon, 172, av. du Maine, Paris, XIV.
- 1923 **Balmelle (Marius)**, bd du Soubeyran, Mende (Lozère).
- 1945 **Bancal (André)**, Pétrologue colonial, S. C. P. A., 1, r. Amiral-Billard, Tamatave (Madagascar).
- 1946 **Baranovsky (Nicolas)**, 12, r. Domat, Paris, V.
- 1938 * **Barbier (Reynold)**, Ing.-Géologue E. N. S. P., 6, r. du Pont-de-Tournis, Toulouse (Haute-Garonne).
- 1938 **Barbier (Yves)**, Ing.-Géologue E. N. S. P., 123 ter, av. de Bélesta, Lavenalet (Ariège).
- 1946 **Barbosa (Octavio)**, Professeur de Géol. à l'Escola Politecnica, Univ. de São Paulo (Brésil).
- 1928 * **Barbour (G. B.)**, Department of Geol. and Geogr., Old. Tech. Building, Univ. of Cincinnati (Ohio, E. U. A.).
- 1921 **Barrabé (Louis)**, Professeur à l'École normale supér., 95, bd Jourdan, Paris, XIV.
- 1923 **Barrère (Pierre)**, Lic. ès. sc., 9, r. Léonce-Reynaud, Paris, XVI.
- 1924 **Bartésago (Charles)**, Opticien, r. des Marchands, Avignon (Vaucluse).
- 1934 **Basdevant (Georges-Robert-André)**, Architecte, 83, r. d'Hauteville, Paris, X.
- 1927 **Basse de Ménorval (M^{me} Éliane)**, Dr ès. sc., Agr. de l'Univ., 10, av. Paul-Appell, Paris, XIV.
- 1942 **Bassompierre**, Ing.-géologue, 14 ter, r. Charles-Chefson, Bois-Colombes (Seine).
- 1934 **Bataafsche Petroleum Mij**, Afdeeling Bibliotheek 30, Carel van Bijlandtlaan, La Haye (Pays-Bas).
- 1924 **Bataller (Dr R.)**, Serv. de Géol. de Catalogne, 34, r. Trafalgar, Barcelone (Espagne).
- 1926 **Baud (L.)**, Ing.-Géologue, Service des Mines, Dakar (Sénégal, A. O. F.).
- 1942 **Baudet (James)**, Inst. de Paléont. humaine, 1, r. René-Panhard, Paris, XIII.
- 1942 **Baudoin (Édouard-Louis)**, Ing. E. S. E., E. C. I., 12, Villa du Château, Bois-Colombes (Seine).
- 1925 **Baulig**, Professeur à la Fac. des Lettres et à l'Inst. géographique, 4, r. Fischart, Strasbourg (Bas-Rhin).
- 1945 **Bauza Rullan (Juan)**, Isabelle II, n° 79, Soler, Majorque (Baléares).
- 1943 **Beauchêne (Guy de)**, Étudiant, 19, r. Berteaux-Dumas, Neuilly-sur-Seine (Seine).
- 1944 **Beaujeu-Garnier (M^{me} Jacqueline)**, Assistante à la Sorbonne, 14, r. de l'Abbé-de-l'Épée, Paris, V.
- 1903 * **Bédé (Paul)**, Correspondant du Muséum nat. d'H. N., Directeur du Jardin Zoologique de Sfax (Tunisie).
- 1935 **Bellair (P.)**, Directeur des Ét. scient. à l'Inst. des Hautes Études de Tunis, 17, av. de Paris, Tunis (Tunisie).
- 1930 * **Bennet (Walter Hellyer)**, Ing. des Mines, Purbeck, 60, Orchard Av., Shirley, Surrey (Gr.-Br.).

- 1939 **Bergé (Georges)**, Ing.-Géologue, Serv. des Mines de l'A. E. F., Brazzaville (A. E. F.).
- 1944 **Berger (Charles)**, S. E. R. P., 2, r. Barca, Tunis (Tunisie).
- 1932 * **Bergounioux (F. M.)**, Dr ès sc., Professeur de Géol. à l'Inst. Catholique, 31 r. de la Fonderie, Toulouse (Haute-Garonne).
- 1931 **Berkaloff (Eugène)**, Ing.-Géologue, r. Clémenceau, Radès (Tunisie).
- 1946 [C] **Berkey (Charles P.)**, Professeur de Géol. à la Columbia University, New York (N. Y., E. U. A.).
- 1912 [P] **Bernet (Edmond)**, Dr ès sc., 9, chemin du Mont-Blanc, Chênes-Bougerie, Genève (Suisse).
- 1945 **Bernet (Henri)**, Ing. civil des Mines, 16, r. Thabaud-Boilareine, Châteauroux (Indre).
- 1929 **Berry (Willard)**, Ph. D., Département Geol., Duke University, Durham (N. C. U. S. A.).
- 1934 * **Bersier (Arnold)**, Dr ès sc., Géol. dipl., Directeur du Musée Géologique de Lausanne (Suisse).
- 1945 **Berthois (Léopold)**, 5, r. Nationale, Rennes (Ille-et-Vilaine).
- 1890 **Bertrand (Léon)**, Membre de l'Institut, Professeur hon. à la Fac. des Sc. et à l'Éc. centrale des Arts et Man., 2 bis, av. des Gobelins, Paris, V [Tél. Gobelins 54-60].
- 1925 **Besairie (Henri)**, Dr ès sc., Service des Mines, Tananarive (Madagascar).
- 1924 **Bétier (G.)**, Insp. gén. des Mines, Directeur du Serv. de la Carte géol. d'Algérie, 145, Chemin du Télemly, Alger (Algérie).
- 1927 [P] **Bibliothèque centrale du Département des Industries gouvernementales** à Bandoeng (Indes néerlandaises).
- 1891 **Bibliothèque de la ville d'Annecy** (Hte-Savoie).
- 1920 **Bibliothèque de l'École des mines et de métallurgie**, Faculté technique du Hainaut, r. de Houdain, Mons (Belgique).
- 1935 **Bibliothèque de l'Université d'Alger**, r. Michelet, Alger (Algérie).
- 1899 [P] **Bibliothèque de l'Université de Bâle** (Suisse).
- 1920 **Bibliothèque de l'Université de Besançon** (Doubs).
- 1933 **Bibliothèque de l'Université de Bordeaux** (Gironde).
- 1890 **Bibliothèque de l'Université de Clermont-Ferrand** (Puy-de-Dôme).
- 1918 **Bibliothèque de l'Université de Dijon** (Côte-d'Or).
- 1890 **Bibliothèque de l'Université de Grenoble** (Isère).
- 1884 **Bibliothèque de l'Université**, palais de l'Université, Montpellier (Hérault).
- 1934 **Bibliothèque de l'Université de Paris**, 45, r. des Écoles, Paris, V.
- 1884 **Bibliothèque de l'Université de Strasbourg** (Bas-Rhin).
- 1920 **Bibliothèque publique**, 20, Souk El Attarine, Tunis (Tunisie).
- 1884 **Bibliothèque universitaire de Méd. et Sc.**, allées St-Michel, Toulouse (Haute-Garonne).
- 1930 **Bieda (Dr Franciszek)**, Professeur de Pal. à l'Univ. de Jagellons, 53, r. Grodzka, Cracovie (Pologne).
- 1931 **Bigeard (Edmond)**, Lic. ès sc. nat., Pharmacien, 5, r. de la Chaise, Paris, VII.
- 1887 **Bigot (A.)**, Correspondant de l'Institut, Doyen hon. de la Fac. des Sc. de Caen, Mathieu (Calvados) [Tél. 0-10].
- 1930 **Billings (Dr Marland)**, Department of Geology, Harvard Univ., Oxford str., Cambridge (Mass. E. U. A.).
- 1942 **Billy (Gérard-Jean-Charles)**, Lic. ès. sc., 14 bis, r. Raynouard, Paris, XVI.

- 1937 **Birembaut (A.)**, Ing. civ. des Mines, Serv. Géol., Beyrouth (Liban).
 1933 **Birot (Pierre)**, Agr. de l'Univ., Maître de Conférences à la Fac. des Lettres, Dijon (Côte-d'Or).
 1945 **Blanc (André)**, Spéléologue, 12, r. André-Lacroix, Valence (Drôme).
 1942 **Blanchard (Jacques)**, 3, r. Balny d'Avricourt, Paris, XVII.
 1921 **Blanchet (Fernand)**, Dr ès sc., Assistant de Géol. à la Fac. des Sc., 2, bd Gambetta, Grenoble (Isère).
 1945 **Blanchot (André)**, Ing. I. G. N., Géologue au Serv. des Mines de l'A. O. F., 3, quai Villeneuve, Gray (Haute-Saône).
 1933 **Blanquet de Rouville Jean de**, Ing. civil des Mines, Le Bois du Mont par Javols (Lozère).
 1945 **Blériot (Michel)**, Ing. des Pétroles, S. E. R. P., Libreville, Gabon (A. E. F.).
 1923 * **Blondel (Fernand)**, Ing. en Chef des Mines, Directeur du Bureau d'Études géol. et min. colon., 24, r. Vineuse, Paris, XVI.
 1937 **Blondel (M^{me} M.)**, 24, r. Vineuse, Paris, XVI.
 1928 **Blumenthal (Maurice)**, Géologue, 41, Calandastrasse, Coire (Suisse).
 1913 * **Bochin (François)**, Dr en méd., Lic. ès sc., Saint-Cyr-sur-Loire (Indre-et-Loire).
 1937 **Boisse (Abbé L.)**, Les Granges-Gontardes, par Donzère (Drôme).
 1926 **Boit (A.)**, Principal du Collège de Lisieux (Calvados) [Tél. 4-58].
 1925 **Boizard de Guise (Jacques)**, Ing. des Mines, C^{ie} des Mines d'Arrens, 46, bd Inkermann, Neuilly-sur-Seine (Seine).
 1944 **Bolelli (Edmond)**, Division des Mines, Centre des Ét. hydro-géol., Rabat-Résidence (Maroc).
 1935 **Bondon (Jacques)**, Ing. au Corps des Mines, Service des Mines, Rabat (Maroc).
 1923 **Bonnard (Émile)**, Chef géologue adj. à la S. N. P. A., 15, r. Laganne, Toulouse (Haute-Garonne).
 1946 **Bonnet (André)**, Ing.-Géologue, 4, imp. Montauray, Nîmes (Gard).
 1941 **Bonnet (Eugène-Élie)**, Professeur de Sc. Nat. au Lycée Louis-le-Grand, 1, r. Michelet, Paris, VI.
 1909 * **Bonnet (Pierre)**, 3, r. Froidevaux, Paris, XIV.
 1936 **Bonte (Antoine)**, Assistant de Géol. à la Fac. des Sc. de Besançon, détaché au B. R. G. G., 26, r. de la Pépinière, Paris, VIII.
 1945 **Bordes (François)**, Lic. ès Sc., Inst. de Paléont. humaine, 1, r. René-Panhard, Paris, XIII.
 1945 **Bordet (Claude)**, Étudiant, 7, av. de Ségur, Paris, VII.
 1936 **Bordet (Pierre)**, 7, av. de Ségur, Paris, VII.
 1920 **Boubée (N.)**, Lic. ès sc., 3, place Saint-André-des-Arts, Paris VI.,
 1945 **Bouillet Roy (M^{me} Geneviève-Marie-Jeanne)**, Professeur libre, 11, r. Émile-Deschamps, Bourges (Cher).
 1939 * **Bouillot (André-Henri-Louis)**, Ing. des Mines, 6, av. de Meknès, Rabat (Maroc).
 1919 **Bourcart (Jacques)**, Professeur à la Fac. des Sc. 3, r. de la Cité Universitaire, Paris, XIV [Tél. Gob. 04-99].
 1944 **Bourdier (Franck)**, Conservateur de la Bibliothèque et du Musée de la Ville d'Annecy (Haute-Savoie).
 1946 **Boureau (Édouard)**, Sous-directeur du Lab. de Paléobot. du Mus. nat. d'H. N., 61, r. de Buffon, Paris, V.
 1928 **Bourlier (Louis)**, Comptable, 59, av. des Champs-Élysées, Le Perreux-sur-Marne (Seine).

- 1938 **Bourquin (Philippe)**, 186, r. du Nord, La Chaux-de-Fonds (Neuchâtel, Suisse).
- 1920 **Bourret (René)**, Dr ès sc., Professeur en retraite, 4, r. Héliot, Toulouse (Haute-Garonne).
- 1930 **Boussac (M^{me} Jean)**, 164, r. de Vaugirard, Paris, XV.
- 1931 **Bout (Pierre)**, Professeur au Lycée du Puy, Chayrac par Polignac (Haute-Loire).
- 1932 **Boutakoff (Nicolas)**, Dr ès sc. de l'Univ. de Louvain, Géol. en chef, Kern Trinidad Oil fields Limited, P. O. Box 53, San Fernando, Trinidad [B. W. I.] (Antilles Anglaises).
- 1925 **Bovier-Lapierre (Ed.)**, ancien Ministre, 60, r. de la Condamine, Paris, XVII.
- 1945 **Braemer (François)**, 22, r. Taine, Paris, XII.
- 1931 **Brajnikov (Boris)**, Ing.-Géologue, Dr U. P., Divisao de Formento Mineral, 1200, r. Bernardo Guimaraes, Belo Horizonte (Brésil).
- 1933 **Breistroffer (Maurice)**, Conservateur du Mus. d'H. N. de Grenoble, r. Dolomieu, Grenoble (Isère).
- 1945 **Breusse**, Ing. civil des Mines, Compagnie générale de Géophysique 40, r. Saint-Dominique, Paris, VII.
- 1928 **Brichant (A. L.)**, Economic Affairs officer, Department of Econ. Stability and develop. Room F-401, Lake Success, New-York (E. U. A.).
- 1920 **Brière (M^{lle} Yvonne)**, Dr ès sc., 2^{ter}, bd de l'Ouest, Le Raincy (S.-et-O.).
- 1914 * **Briquet (Abel)**, Dr ès lettres, Adjoint au Serv. Carte Géol. d'Alsace-Lorraine, Maison de retraite, Acheux-en-Amiénois (Somme).
- 1916 **Brognon (Georges)**, Ing. civil des Mines, Ing.-Géologue de la Fac. polytechnique de Mons, Ing. à la Soc. de Rech. minières en Afrique, 68, av. Joseph-Wauters, Cuesmes (Belgique).
- 1942 **Brousse (Marcel)**, Ing. A. M., Professeur à l'Éc. pratique d'Alès, Bas Brébis-Alès (Gard).
- 1924 **Brouwer (Dr H. A.)**, Directeur du geol. Inst. der Univ., 130, Nieuwe Prinsengracht, Amsterdam (Hollande).
- 1924 **Bruet (Edmond)**, Dr ès sc., Lab. de Géol. appliquée, 191, r. Saint-Jacques, Paris, V.
- 1936 **Brunn (Jean)**, Attaché de Recherches au C. N. R. S., 17, rue des Pins, Boulogne-sur-Seine.
- 1936 **Buchot (E.)**, Naturaliste, 8, r. de Vaufleury, Laval (Mayenne).
- 1945 **Buge (Émile)**, Lic. ès sc., 1, av. du Lycée Lakanal, Bourg-la-Reine (Seine).
- 1931 **Bureau d'Études géologiques et minières coloniales**, 12, r. de Bourgogne, Paris, VII.
- 1945 **Bureau des Études scientifiques du Service de la Colonisation et de l'Hydraulique**, Section Hydro-Géologie, 135, r. Michelet, Alger (Algérie).
- 1942 **Bureau des Recherches Géologiques et Géophysiques**, 26, r. de la Pépinière, Paris, VIII [Tél. Laborde 32-20].
- 1942 **Burger (Jean-Jacques)**, Ing.-Géol., Soc. chérifienne des Pétroles Petitjean (Maroc).
- 1933 **Burri (Conrad)**, Professeur de Minér. et de Pétrogr. à l'Éc. Polytechnique Fédérale, 5, Sonneggstrasse, Zurich (Suisse).
- 1946 **Bush (Frédéric)**, Chief Geologist, Sinclair Oil Co, 630, Fifth Avenue, New York (N. Y., E. U. A.).

- 1924 Butel (P.), 3, r. d'Enghien, Groslay, (S.-et-O.).
- 1926 [A] Buxtorf (Auguste), Professeur de Géol. et de Pal. à l'Univ. de Bâle, Bernoullistrasse, 22, Bâle (Suisse).
- 1946 Cabibel (Jacques). Dr en méd., 90, bd Flandrin, Paris, XVI.
- 1944 Cadisch (Joos), Professeur à l'Univ., Gutenbergstr. 26, Berne (Suisse).
- 1933 * Caillère (M^{lle} Simone), Dr ès sc., Sous-Directeur du Lab. de Min. du Muséum nat. d'H. N., 64, r. de Buffon, Paris, V et 21, r. du Cherche-Midi, Paris, VI.
- 1933 * Cailleux (André), Agr. de l'Univ., Professeur au Lycée de Saint-Maur, chargé de recherches au C. N. R. S., 25, av. de l'Écho-Péri, Saint-Maur (Seine).
- 1941 Calémbert (Léon), Ing. civil des Mines, Chef des Travaux à l'Université de Liège, 4, av. du Hêtre, Cointe Slessin, Liège (Belgique).
- 1942 Canal (Paul), Centre de Rech. de l'Inst. du Pétrole, 4, pl. Bir-Hacheur, Rueil (S.-et-O.).
- 1930 Candel-Vila (Dr R.), C/o Lab. de Géol. de la Fac. des Sc. de Toulouse (Haute-Garonne).
- 1944 Cardinet (Jean-Albert-Marie), Lic. ès sc., 49, bd Richard-Lenoir, Paris, XI.
- 1946 Carmo Guaresma Vianna (Antonio do), Engenheiro chefe dos Serv. Geol. de Portugal, r. do Potrocinio, 69, Lisbonne (Portugal).
- 1918 Carpentier (Chanoine A.), Dr ès sc., Professeur de Botanique à la Fac. libre des Sc., 43, r. de Toul, Lille (Nord).
- 1940 Carrington da Costa (J.), Professeur de Géologie, Univ. de Porto, 36, r. Augusto Luso, Porto (Portugal).
- 1943 Carrouée (Denyse), Etudiante, 29, r. Gabrielle, Charenton (Seine).
- 1942 Casalis (Michel-Paul), Lic. en dr., Lic. ès sc., 75, av. de Breteuil, Paris, VII.
- 1942 Castany (M.), Insp. des Sites, Serv. des Mines de Tunisie, Tunis (Tunisie).
- 1945 Castellan, Ing. T. P. E., pl. de la Libération, Salon-de-Provence (Bouches-du-Rhône).
- 1929 Caster (Kenneth E.), Curator, University of Cincinnati, Museum, Old Tech Building, Cincinnati (Ohio, E. U. A.).
- 1926 Casteras (Marcel), Agr. des Sc. nat., Professeur de Géol. à la Fac. des Sc., 52, r. des Récollets, Toulouse (Haute-Garonne).
- 1931 Castex (Dr Louis), 8, r. Vital-Carles, Bordeaux (Gironde).
- 1946 Castro e Solla (Luis de), Engenheiro, Director general de Minas e Serv. Geol., r. Almirante Passanha 16-4° D, Lisbonne (Portugal).
- 1930 Catalogne (Roland de), Ing. civil des Mines, 11, r. Tronchet, Paris, VIII.
- 1945 Catedra de Geologia, Univ. de Séville (Espagne).
- 1939 Catzigras (M^{lle} France), Lic. ès sc., Lab. de Géol. de la Fac. des Sc. de Marseille (Bouches-du-Rhône).
- 1943 Cavailé (Albert), Professeur à l'École du Fau, Montauban (Tarn-et-Garonne).
- 1945 Cavet (Pierre), Lic. ès sc., 3, bd E.-Paraf, Couéron (Loire-Inférieure).
- 1940 Cecioni (Dr Giovanni), Professeur de Géol. à l'Univ. de Pise, 9, Via della Fratta, Lucca (Italie).

- 1946 **Chagny (Victor-Louis)**, Lic. ès lettres, 6, r. de Cronstadt, Paris, XV.
- 1946 **Chalard (Jean)**, Assistant à la Fac. des Sc., Lab. de Géol., 23, r. Jules-Gosselet, Lille (Nord).
- 1924 [P] **Chambre syndicale de l'Industrie du Pétrole**, 9, square Messine, Paris, VIII.
- 1941 **Chambre Syndicale des Mines métalliques**, 39, r. Saint-Dominique, Paris, VII.
- 1942 **Chardonnet (Jean-Charles)**, Agr. de l'Univ., 1, r. G. Delavenne, Paris, VII.
- 1946 **Charron (Gaston)**, Ing.-Géologue, 9, sq. de Port-Royal, Paris, XIII.
- 1927 **Chartiez (Charles)**, Entrepreneur de forages et sondages, 101, bd Thiers, Béthune (Pas-de-Calais) [Tél. n° 85].
- 1928 **Charvet (Louis)**, Ing. au Corps des Mines, C^{ie} industrielle du Platine, 2, r. de Commaille, Paris, VII.
- 1903 * **Chautard (Jean)**, Dr U. P., 1, r. Savorgnan de Brazza, Paris, VII [Tél. Inv. 32-19].
- 1939 **Chauvel (Jean)**, Professeur à l'Éc. primaire supérieure, 1 bis, r. du Châtelet, Redon (Ille-et-Vilaine).
- 1936 **Chauvet (L.)**, Professeur hon., Villefort (Lozère).
- 1936 **Chavan (André L.)**, 1, av. Henri-Martin, Nanterre (Seine).
- 1945 **Chazan (Willy)**, Ing.-Géologue, 30, r. Henner, Colmar (Haut-Rhin).
- 1922 **Chételat (Enzo de)**, Dr ès sc., Ing.-Géologue, Oratam Road, Monsey (N. Y., E. U. A.).
- 1932 **Chochine (Nicolas)**, Ing.-Géologue, Service des Mines de l'A. E. F., Brazzaville (A. E. F.).
- 1914 **Cholley (A.)**, Professeur à la Fac. des Lettres, Inst. de Géogr., 191, r. Saint-Jacques, Paris, V.
- 1929 **Choubert (Boris)**, Ing. Dr ès sc., 104, rue Caulaincourt, Paris, XVIII et Office de la Rech. sc. coloniale, Cayenne (Guyane française).
- 1930 **Choubert (Georges)**, Lic. ès sc., Service des Mines, Rabat (Maroc).
- 1921 **Chouchet (M^{me} Y. du)**, Maison Canis, chemin de la Sablière, Arpajon-sur-Cère (Cantal).
- 1925 **Ciry (Raymond)**, Dr ès sc., Professeur de Géol., Fac. des Sc., Dijon (Côte-d'Or).
- 1921 **Cizancourt (H. de)**, Ing. civ. des Mines, 71, av. Paul-Doumer, Paris, XVI.
- 1930 **Cizancourt (M^{me} M. de)**, Dr ès sc. nat., 71, av. Paul-Doumer, Paris, XVI [Tél. Tro. 42-31].
- 1945 **Claisse (Guy)**, Lic. ès sc., Pédologue, 9, r. Sainte-Geneviève, Villers-lès Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- 1935 **Claudet (Aymé)**, Ing. C/o Schlumberger Well Surveying Corp. Box 2175, Houston 1 (Texas, E. U. A.).
- 1904 * **Cléro (Maurice)**, 24, r. Pierre-Curie, Sceaux (Seine).
- 1947 **Cliquet (Pierre)**, Élève ing. E. N. S. P., 23, r. de Rémusat, Paris, XVI.
- 1925 **Closas i Miralles (Josep)**, Tavern, 15 pral., Barcelone (S. G.) (Espagne).
- 1946 **Clozier (René)**, Insp. gén. de l'Instruction publique, 5, r. Herschel, Paris.

- 1932 **Coatmen (Jean-René-Alain de)**, Les Hougues, Gouville-sur-Mer (Manche).
- 1937 **Cochin (Jean-Pierre-Denys-Marie)**, Capitaine de Vaisseau (Réserve), 12, r. Oudinot, Paris, VII.
- 1939 **Coin (Louis-Jean)**, Ing.-Chimiste, Adjoint à la préfecture de la Seine, 12, place Bobillot, Charenton (Seine).
- 1919 * **Collet (Léon W.)**, Professeur de Géol. à l'Univ., Lab. de Géol., quai de l'École de Médecine, Genève (Suisse).
- 1919 * **Collignon (Général Maurice)**, Secteur fortifié de Savoie, Chambéry (Savoie).
- 1346 **Colo (Gabriel)**, Conservateur des collections, Serv. Géol. du Maroc, Rabat (Maroc).
- 1934 **Colomb (Raoul)**, Dr en méd., La Molette, Les Assions (Ardèche).
- 1926 **Colom-Casasnovas (Guillermo)**, Pi y Margall, 23, Soller (Majorque, Espagne).
- 1942 **Colomine (Marcel)**, Ing. des Travaux publics, 7, r. Montenard, Juvisy (Seine-et-Oise).
- 1935 **Colon (M^{lle} Marguerite)**, Agr. des Sc. Nat., Professeur au Lycée Jeanne d'Arc, 89, bd d'Haussonville, Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- 1940 **Combaluzier (Abbé Charles-Alfred)**, Professeur de Sciences natur. au Pensionnat du Sacré-Cœur, 3, bd Chave, Marseille (B.-du-Rh.).
- 1941 **Comité d'Organisation de l'Industrie des Minerais de Fer**, 15 bis, r. de Marignan, Paris, VIII.
- 1924 [P] **Comité électrométallurgique de France**, 13, r. Lafayette, Paris, IX.
- 1924 [P] **Commission des Ardoisières d'Angers**, 52, bd du Roi-René, Angers (M.-et-L.), et 170, quai Jemmapes, Paris, X.
- 1924 [P] **Cie de Produits chimiques et électrométallurgiques Alais, Froges et Camargue**, 23, r. Balzac, Paris, VIII.
- 1879 [P] **Cie des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée (1^{er} Prés. du Conseil d'Adm. de la)**, 88, r. St-Lazare, Paris, IX.
- 1882 [P] **Cie des Forges de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons**, 19, r. de la Rochefoucauld, Paris, IX.
- 1879 [P] **Cie des Minerais de fer magnétique de Mokta-el-Hadid**, 60, r. de la Victoire, Paris, IX.
- 1924 [P] **Cie des Mines d'Aniche (Nord)**.
- 1924 [P] **Cie des Mines d'Anthracite de La Mure (Isère)**.
- 1924 [P] **Cie des Mines d'Anzin (Nord)**.
- 1924 [P] **Cie des Mines de Béthune à Bully-les-Mines (Pas-de-Calais)**.
- 1924 [P] **Cie des Mines de Bruay (Pas-de-Calais)**.
- 1924 [P] **Cie des Mines de Courrières à Billy-Montigny (Pas-de-Calais)**.
- 1924 [P] **Cie des Mines de Houille de Marles (P.-de-C.)**, 2, sq. de l'Opéra, Paris, IX.
- 1879 [P] **Cie des Mines de la Grand'Combe**, 26, r. Laffitte, Paris, IX.
- 1924 [P] **Cie des Mines de l'Escarpelle à Flers-en-Escrebieux (Nord)**.
- 1924 [P] **Cie des Mines de Roche-la-Molière et Firminy à Firminy (Loire)**.
- 1924 [P] **Cie des Mines de Vicoigne, Nœux et Drocourt**, 9, av. Percier, Paris, VIII.
- 1924 [P] **Cie des Mines d'Ouasta et de Mesloulia**, prov. de Constantine (Algérie), 6, r. de la Rochefoucauld, Paris, IX.
- 1924 [P] **Cie des Phosphates de Constantine**, 9, r. Louis-Murat, Paris, VIII. [Tél. Carnot 14-22, 14-23].
- 1946 **Cie des Phosphates du Djebel-Mdilla**, 49, r. Cambon, Paris, I.

- 1924 [P] **Cie des Phosphates et du Chemin de fer de Gafsa** (Tunisie), 60, r. de la Victoire, Paris, IX.
- 1932 **Cie Franç^{se} des Pétroles**, 11, r. du Docteur-Lancereaux, Paris, VIII.
- 1932 **Cie Générale de Géophysique**, 40, r. Saint-Dominique, Paris, VII [Tél. Inv. 46-24].
- 1924 [P] **Cie industrielle des Pétroles**, 54, r. de Londres, Paris, VIII.
- 1946 **Cie Minière des Vosges**, La Croix-aux-Mines, par Ban-de-Laveline (Vosges).
- 1929 [P] **Cie minière du Congo français**, Mindouli (Afrique Équat. Franç.), 9, r. Chauchat, Paris, IX.
- 1946 **Cie Royale Asturienne des Mines**, 42, av. Gabriel, Paris, VIII.
- 1924 [P] **Cie Standard franco-américaine**, 82, av. des Champs-Élysées, Paris, VIII.
- 1929 * **Comte (Pierre)**, 9, r. Cassini, Paris, XIV.
- 1932 * **Contaut (Henri)**, Ing.-Chimiste, Géologue, 92, av. Carnot, Saint-Max-lès-Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- 1902 **Corbin (Paul)**, Ingénieur, Château de Beaurevoir, Sassenages (Isère).
- 1942 **Cordier (Gérard)**, chercheur local, Loché-sur-Indrois (Indre-et-Loire).
- 1942 * **Cornet (André-Charles)**, Géologue, Serv. de la Colonisation et de l'Hydraulique, 135, r. Michelet, Alger (Algérie).
- 1921 * **Corroy (Georges)**, Professeur de Géol. à la Fac. des Sc., place Victor-Hugo, Marseille (B.-du-Rh.).
- 1927 **Corsin (Paul)**, Professeur de Paléobotanique à la Fac. des Sc., 23, r. Jules-Gosselet, Lille (Nord).
- 1943 **Costaz (Maurice)**, Ing. du Génie Rural, 8, r. du Chapeau-Rouge, Dijon (Côte-d'Or).
- 1946 **Cottineau (René)**, Géomètre, prospecteur, Pannecé (Loire-Inf.).
- 1937 **Couprie (James-Jean)**, 42, r. des Renaudes, Paris, XVII.
- 1930 **Courrière (Fernand)**, Instituteur hon., Cuxac-Cabardès (Aude).
- 1902* **Courty (Georges)**, Chauffour-lès-Etrechy (S.-et-O.).
- 1930 **Cox (Benjamin B.)**, Gulf Research et Development Co, P. O. Box 2.038, Pittsburg 38 (Pennsylvanie, E. U. A.).
- 1930 **Cox (P. T.)**, Géologue, c/o Anglo-Iranian Oil Co Ltd., Hanworth, Sole Str., Cobham (Kent, Gr.-Br.).
- 1940 **Crave (Raymond)**, Directeur Cours complém. d'École primaire supér., Grande-Rue, Saint-Amarin (Haut-Rhin).
- 1938 **Crema (Camillo)**, Directeur du Serv. géol. d'Italie, 13, via Santa-Suzanna, Rome (Italie).
- 1944 **Crespelle (Robert)**, Notaire, Souillac (Lot).
- 1938 **Crosnier-Leconte (Jean)**, Ing. des Arts et Man., 60, r. des Vignes, Paris, XVI.
- 1946 **Crouzel (Abbé-Fernand)**, Lic. ès sc., Professeur au Petit Séminaire de Montréjeau (Haute-Garonne).
- 1943 **Crusafont Pairo**, Lab. de Géol. de l'Univ. de Barcelone (Espagne).
- 1940 **Crussard (Pierre)**, Ing. civ. des Mines, 58, av. Théophile-Gautier, Paris, XVI.
- 1923 **Cuvillier (Jean)**, Dr ès sc., Maître de Conférences de Géol. à l'Univ., Lab. de Géologie appliquée, 191, r. Saint-Jacques, Paris, V.

- 1932 **Dabout (Marcel)**, Lic. ès sc., 14, Allée de la Marne, Ermonville (Seine-et-Oise).
- 1921 **Daguin (Fernand)**, Professeur de Géol. à la Fac. des Sc. de Bordeaux (Gironde).
- 1905 **Dalloni (Marius)**, Professeur de Géol. appliquée à l'Univ., Coll. au Serv. Carte géol. de la France et de l'Algérie, 12, r. Denfert-Rochereau, Alger (Algérie).
- 1946 [A] **Daly (Reginald A.)**, Professeur de Géol. à la Harvard University, Oxford street, Cambridge (Massachusetts, E. U. A.).
- 1940 **Damesin (Léopold-Constant-Frédéric)**, C/o Iraq Petroleum Co Ltd, Haïfa (Palestine).
- 1920 **Dangeard (Louis)**, Professeur de Géol. et Pal. à la Fac. des Sc. de Caen (Calvados).
- 1939 **Danloux-Dumesnils**, 2, r. de Phalsbourg, Paris, XVII [Wag. 23-17].
- 1945 **Darder**, l Llano Catedral, Tarragona (Espagne).
- 1936 **Dauty-Lafitte (M^{me} Valentine)**, Dr en méd., 57, bd Armand-Dupontal, Toulouse (Haute-Garonne).
- 1927 * **Davies (Lieut'-Colonel L. M.)**, D. Sc., Ph. D., F. R. S. E., F. G. S., 8, Garscube Terrace, Murrayfield, Edinburg, 12 (Écosse).
- 1939 **Davis (Arthur G.)**, Paléontologiste, Anglo-Iranian Oil Co Ltd. Britannic-House, Finsbury Circus, London EC2 (Gr.-Bret.).
- 1946 **Debourle (André)**, Lic. ès sc. nat., 74, r. de Periole, Toulouse (Haute-Garonne).
- 1910 * **Decary (Raymond)**, Administrateur des Colonies, La Ferté-sous-Jouarre (Seine-et-Marne).
- 1931 **Dechaseaux (M^{lle} Colette)**, Dr ès sc., 3, r. Paillet, Paris, V.
- 1944 **Decoux (René)**, « La Feuillette », Annecy (Haute-Savoie).
- 1945 **Defontaine (Pierre)**, Directeur de l'Inst. français de Barcelone, B. P. 57, Perpignan (Pyrénées-Orientales).
- 1938 **Deflandre (G.)**, Dr ès sc., Maître de Recherches, 405, bd Raspail, Paris, VI [Lit. 35-49].
- 1943 **Defretin (M^{me})**, Assistante à la Fac. des Sc., 124 bis, r. Barthélemy-Delespaul, Lille (Nord).
- 1927 **Dehay (Charles)**, Dr ès sc., Pharmacien, Professeur agr. à la Fac. de Médecine et de Pharmacie de Lille, 33, r. E.-Lenglet, Arras. (Pas-de-Calais).
- 1937 **Dehghan (Mohamed Hassin)**, Professeur à la Fac. des Sc., Téhéran, (Iran).
- 1921 * **Dehorne (M^{lle} Lucienne)**, Dr. ès sc., Chef des Travaux de Zool. à la Fac. des Sc., Sorbonne, Paris, V.
- 1940 **Deicha (Georges)**, Dr U. P., 6 bis, r. Jadot, Saint-Germain-en-Laye (S.-et-O.).
- 1896 * **Delamarre de Monchaux (Comte)**, 6, r. de Bellechasse, Paris, VII.
- 1945 **Delaroche (Paul)**, Ing. des Mines, C^{ie} de Mokta-el-Hadid, Benisaf Oran, Algérie).
- 1945 **Delaunay (Pierre)**, Lic. ès sc., Ing. Agr. E. S. A., 3, r. Abbé-Girard, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
- 1931 **Deleau (Paul-Camille)**, Géol. princ. au Serv. de la Carte géol. d'Algérie, 14, bd Baudin, Alger (Algérie).
- 1901 **Delépine (Mgr G.)**, Recteur de la Fac. libre des Sc., 13, r. de Toul., Lille (Nord).

- 1935 **Delga (Gérard)**, Ing. civil des Mines, Ing.-Géologue, Serv. des Mines de Tunisie, Kasserine (Tunisie).
- 1923 * **Demay (A.)**, Insp. gén. des Mines, Professeur à l'Éc. nat. supér. des Mines, 15, av. Elisée-Reclus, Paris, VII [Tél. Invalides 10-93].
- 1923 **Denaeyer (Marcel E.)**, Dr ès sc., Professeur de Min. et de Lithologie à l'Univ., 8, av. de Saturne, Uccle-Bruxelles (Belgique).
- 1945 **Dendal (R.)**, 73, r. des Stations, Lille (Nord).
- 1917 **Denizot (G.)**, Professeur de Géol. à la Fac. des Sc., Montpellier (Hérault).
- 1930 **Derville (Henry)**, Assistant à l'Univ. de Strasbourg, 1, r. Blessig, Strasbourg (Bas-Rhin).
- 1943 **Desaint (Roger)**, Ing. au Corps des Mines, 38 bis, r. Roquelaire, Toulouse (Haute-Garonne).
- 1943 **Des-Forest (Jacques)**, Ing. dipl. E. S. A. A., Régisseur, Avrilly, par Trévol (Allier).
- 1931 **Desio (Ardito)**, Directeur de l'Inst. Géol. de l'Univ., Via Botticelli, 23, Milan (Italie).
- 1937 **Desjardin (Max-Marcel-Émile)**, Étudiant, 18 r. Sainte-Foy, Paris, II.
- 1934 **Despujols (P.)**, Ing. en Chef des Mines, 10, av. de Champagne, Rabat (Maroc).
- 1946 **Dessau (Gabor)**, Geol. Surv. of India, 27, Chewringee, Calcutta (Indes anglaises).
- 1940 **Destombes (Jean-Paul)**, Lic. ès sc., Ing.-Géologue, 57, r. Charles-Laffitte, Neuilly-sur-Seine (Seine).
- 1938 **Destombes (Pierre-Paul)**, Médecin des troupes coloniales, 13, allée des Sapins, Beauchamp (S.-et-O.).
- 1944 **Devillers (Charles)**, Le Paraclet, par Boves (Somme).
- 1931 **Direction des Carburants**, Ministère des Travaux Publics, Bibliothèque, 85, bd du Montparnasse, Paris, VI.
- 1924 **Direction générale des Travaux publics de Tunisie** Service des Mines, Tunis (Tunisie).
- 1904 * **Dollé (L.)**, Professeur d'Hydrogéol. à la Fac. des Sc., 23, r. Jules-Gosset, Lille (Nord) et Limeuil (Dordogne).
- 1932 **Dollfus (Robert Ph.)**, Secrétaire gén. de l'Office faunistique du Maroc, 57, rue Cuvier, Paris, V. [Tél. Gob. 40-41].
- 1898 **Doncieux (Louis)**, Dr ès sc., Maître de Conférences hon. à la Fac. des Sc., 3, r. de Jarente, Lyon (Rhône).
- 1920 * **Doornik (Jan)**, Ing.-Géologue, 84, r. Lauriston, Paris, XVI.
- 1930 **Dorlodot (Jean de)**, Directeur du Musée houiller de Belgique, 38, r. de Bériot, Louvain (Belgique).
- 1943 **Dormois (Robert)**, Ing.-Géologue, B. R. G. G., 26, r. de la Pépinière, Paris, VIII.
- 1945 **Dostál (Adolphe-Pierre)**, Directeur de Banque, 6, ul Vych Nadrazi, Opava, (Tchécoslovaquie).
- 1944 **Doubinger (Jeanne)**, Lic. ès sc., Lab. de Géol. de l'Inst. catholique, 31, r. de la Fonderie, Toulouse (Haute-Garonne).
- 1934 **Douvillé (François)**, 119, r. N.-D.-des-Champs, Paris, VI.
- 1934 **Dresch (Jean)**, Agr. de l'Univ., 1, r. du Val-de-Grâce, Paris, VI.
- 1923 * **Dreyfuss (Maurice)**, Dr ès sc., 14 bis, r. Anterrieu, Montpellier (Hérault).
- 1932 **Dreyfuss (Robert)**, Lic. ès sc., Professeur au Lycée Schoelcher, Tivoli (Martinique).
- 1911 **Dropsy (U.)**, Ingénieur, 86, bd Diderot, Paris, XII.

- 1941 **Drosdorff (Alexandre)**, Ing.-Géologue, 2, r. des Mineurs, Strasbourg (Bas-Rhin).
- 1944 **Drouillon (E.)**, Agr. de l'Univ., Insp. d'Acad., Draguignan (Var).
- 1918 **Dubar (G.)**, Dr ès sc., Maître de Conférences à l'Univ. catholique, de Lille, 129, r. de Tourcoing, Mouvaux (Nord).
- 1926 **Dubertret (Louis)**, Ing. civil des Mines, Légation de France à Beyrouth (Liban), et 100, r. de Rennes, Paris, VII.
- 1935 **Dubertret (M^{me} Rita)**, 100, r. de Rennes, Paris, VII.
- 1945 **Dubois (M^{me} Camille)**, Aide-scientifique au lab. de Géol. de la Fac. des Sc., Coll. au Serv. de la Carte géol. d'Alsace et de Lorraine, 1, r. Blessig, Strasbourg (Bas-Rhin).
- 1922 **Dubois (Georges)**, Professeur de Géol. et de Pal. à la Fac. des Sc., Président du Comité d'Adm. du Serv. de la Carte Géol. d'Alsace et Lorraine, Inst. géol., 1, r. Blessig, Strasbourg (Bas-Rhin).
- 1946 **Dubois (Gérard)**, Ing. au Corps des Mines, Division des Mines, Rabat (Maroc).
- 1945 **Duboul (Christiane)**, Lic. ès sc., Assistante à la Fac. des Sc., chez M^{me} Auzende, 12, sq. Henry-Paté, Marseille (Bouches-du-Rhône).
- 1946 **Dubourdieu (Georges)**, Géologue au Serv. de la Carte géol. de l'Algérie, 5, r. de Tanger, Alger (Algérie).
- 1923 **Dumas (Lucien)**, Ing. en Chef des Mines, 2, r. Gribeauval, Paris, VII.
- 1937 **Dumon (Étienne)**, Lic. ès sc., Ing.-Géologue au Syndicat d'Études et de Recherches pétrolières en Tunisie, 2, r. Barca, Tunis (Tunisie).
- 1932 **Dumon (Paul)**, Ing. des Mines, Géologue, Hautrage (Belgique).
- 1926 **Duparque (André)**, Professeur de Pétrographie gén. et appl. à la Fac. des Sc. de Lille, 31, r. des Pyramides, Lille (Nord).
- 1944 **Duplaix (Solange)**, Lab. de Géogr. physique de la Fac. des Sc., 1, r. Victor-Cousin, Paris, V.
- 1945 **Duplan (Louis)**, Ing. I. G. N., Serv. de la Carte géol. de l'Algérie, 4, bd Baudin, Alger (Algérie).
- 1943 **Dupouy-Camet (M.)**, Lic. ès sc., 40, bd de Reuilly, Paris, XII.
- 1928 **Durand (J.)**, Insp. gén. des Mines, 34, r. de Metz, Toulouse (Haute-Garonne).
- 1939 **Durand (M^{lle} Suzanne)**, Agr. des Sc. Nat., Institut de Géologie, r. du Thabor, Rennes (Ille-et-Vilaine).
- 1943 **Durand-Delga (Michel)**, Lic. ès sc., Chef de Trav. à l'Inst. Agronomique, 16, r. Claude-Bernard, Paris, V.
- 1946 **Durif (Paul)**, dipl. d'Ét. sup., 29, r. Victor-Hugo, Saint-Gaudens (Haute-Garonne).
- 1946 [C] **Du Toit (Alex. L.)**, Consulting geologist, 2 Bye Way, Pinelands, Cape-Town (Union South Africa).
- 1946 **Duval (Albert)**, Lic., Professeur au Collège Chaptal, 30, r. Vernier, Paris, XVII.
- 1888 **Ecole nationale des Eaux et Forêts**, 14, r. Girardot, Nancy (M.-et-M.).
- 1925 **Ecole nationale supérieure des Mines de Saint-Étienne** (Loire).
- 1939 **Ecole nationale supérieure du Génie Rural**, 19, av. du Maine, Paris, XIV.

- 1927 **Ecole nationale supérieure du Pétrole et des combustibles liquides**,
Section géologie, 2, r. de Lubeck, Paris, XVI.
- 1942 **École Supérieure de Géologie de Nancy**, 94, av. de Strasbourg,
Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- 1927 **Ecole technique des Mines**, Alès (Gard).
- 1937 **Edelman (G. H.)**, Professeur de Géol. à l'Éc. supérieure d'Agricul-
ture, Wageningen (Pays-Bas).
- 1939 **Egeran (Dr E. N.)**, Directeur du Serv. Géol. et des Rech. Min. au
M. T. A., Ankara (Turquie).
- 1920 **Ehrmann (France)**, Assistant de Géol. et de Min. à la Fac. des
Sc., Villa « Hélène », chem. Joseph-Picard, Alger (Algérie).
- 1938 **Ellenberger (F.)**, Agr., Préparateur, École normale supér., 45, r.
d'Ulm, Paris, V.
- 1939 **Elliot (Graham-Francis)**, 5 Campden House Mews, Kensington,
Londres W. 8 (Gr.-Bret.).
- 1946 **Ellis (Brooks)**, Depart. of Micropaleont., Amer. Mus. of N. H.,
72, Clarendon road, Scarsdale (N. Y., E. U. A.).
- 1933 **Emelianof (G.)**, Géologue, Chantier de Saint-Marcet, par Aulon
(Haute-Garonne).
- 1946 [C] **Emmons (William H.)**, Professeur émérite, Depart. of Geol. and
Mineral., Univ. of Minnesota, Minneapolis 14 (Minnesota,
E. U. A.).
- 1936 **Ennouchi**, Institut scientifique chérifien, Rabat (Maroc).
- 1945 **Ernst (Roger)**, Ing. divisionnaire du fond, Groupe de Valenciennes
des Houillères Nationales, 68, r. de Saint-Amand, Fresnes-sur-
Escaut (Nord).
- 1928 **Estival (Jean)**, Ing. en Chef des Mines en retraite, Saint-Rambert-
sur-Loire (Loire).
- 1930 **Fabiani (Ramiro)**, Directeur de l'Inst. Géol., Univ., Palerme (Italie).
- 1933 **Fabre (Aurélien)**, Inspect. de l'Enseignement primaire de la
Seine, 44, r. des Jeuneurs Paris, II.
- 1908 * **Fallot (Paul)**, Professeur de Géol. au Collège de France, place
Marcellin-Berthelot, Paris, V.
- 1927 **Faraud (Marcel)**, Lic. ès sc., Ingén., Saint-Victor-la-Coste (Gard).
- 1935 **Farchad (Hadji)**, Dr ès sc., Lab. de Géol. de l'Univ. de Téhéran,
Éc. normale supérieure, Téhéran (Iran).
- 1943 **Faure-Muret (Anne)**, Lab. de Géol. du Collège de France, place
Marcellin-Berthelot, Paris, V.
- 1941 **Fédération des Chambres syndicales des Fabricants de Chaux et
Ciments de France**, 41, av. Friedland, Paris, VIII.
- 1946 **Feio (Mariano)**, Assistant de Géogr. à la Fac. des Lettres de Lis-
bonne, Centro de Est. Geog., Praça do Rio de Janeiro, 14, Lis-
bonne (Portugal).
- 1946 **Feldmeyer (Arthur, Ernest)**, Geologist of Superior Oil Co, 930,
Edison Building, Los Angeles (Californie, E. U. A.).
- 1936 **Fenau (A.)**, Les Arcs-sur-Argens (Var).
- 1946 **Ferreira (Antonio Bernardo)**, Engenheiro-chefe do Serv. de
Fomento Mineiro, r. da Restauração, 383, Porto (Portugal).
- 1939 **Feugueur (Léon-Louis)**, Villa Fin-d'Oise, r. des Côtes-de-Vannes.
Conflans-Sainte-Honorine (S.-et-O.).
- 1945 **Feys (Robert-Raphaël)**, Ing.-Géologue au B. R. G. G., 21 bis, r. des
Écoles, Paris, V.

- 1931 **Filipesco (Miltiade G.)**, Professeur, Strada Aviator T. Ilescu, 42, Bucarest III (Roumanie).
- 1925 **Finaton (Charles)**, Lic. ès sc., Ing.-Géologue, 47, r. Monge, Paris, V.
- 1937 **Firtion (F.)**, Assistant de Géol. à la Fac. des Sc., 1, r. Blessig, Strasbourg (Bas-Rhin).
- 1929 **Fisch (Walter Ch.)**, Dr ès sc., A. I. A. G., 43, Stockerstrasse, Zurich (Suisse).
- 1938 **Fischer (Marc)**, Ing. civil des Mines, 27, r. de la Cour-des-Nonnes, Paris, XX [Tél. Roq. 49-48].
- 1944 **Fischer (Paul-Henri)**, Dr ès sc., 38, bd Saint-Michel, Paris, V.
- 1945 **Fitte (Paul)**, Topographe, 26, bd Voltaire, Paris, XI.
- 1945 **Flamand (Charles)**, 30, av. du Maréchal-Foch, Lyon (Rhône).
- 1930 * **Flandrin (Jacques)**, Géol. princ., Adj. au Dir. du Serv. Carte géol. de l'Algérie, 14, bd Baudin, Alger (Algérie).
- 1905 **Fleury (Ernest)**, Professeur à l'Inst. technique supér., Lisbonne (Portugal).
- 1924 [P] **Forges de Hayange et Moyeuivre (Les Petits-Fils de François de Wendel et Cie)** à Hayange (Moselle).
- 1941 **Fouquet (Robert)**, Ing. civil des Mines, 94, av. de Suffren, Paris, XV [Tél. Anj. 46-30].
- 1923 [A] **Fourmarier (Paul)**, Professeur à l'Univ. et à l'École des Mines, 140, av. de l'Observatoire, Liège (Belgique).
- 1944 **Fradin (Jean)**, 83, r. Lauriston, Paris, XVI.
- 1941 **Francis-Bœuf (Claude)**, 40, villa Cœur-de-Vey, Paris, XIV.
- 1946 **Freneix (Suzanne)**, Lic. ès sc., 124, av. Émile-Zola, Paris, XV.
- 1904 **Freydenberg (Général Henri)**, Dr ès sc., 4, av. de Ségur, Paris, VII.
- 1929 **Freymann (E. R. Henri)**, Éditeur scientifique, 6, r. de la Sorbonne, Paris, V (Tél. Odé. 14-49).
- 1938 **Friedel (E.)**, Ing. en Chef des Mines, Directeur de l'Éc. nat. sup. des Mines, 60, bd Saint-Michel, Paris, V.
- 1924 * **Fromaget (Jacques)**, Dr ès sc., Ancien Chef du Serv. géol. de l'Indochine, 11, r. du Râteau, Paris, V.
- 1921 **Furon (Raymond)**, Dr ès sc., Sous-Directeur du Lab. de Géol. du Mus. Nat. d'H. N., 87, bd de Lorraine, Clichy (Seine).
- 1921 * **Gagnebin (Elie)**, Professeur de Géol. à l'Univ. de Lausanne, Palais de Rumine (Suisse).
- 1930 **Galliot (Armand)**, Ing. en chef des Mines, Directeur des Mines au Ministère des T. P., 40, r. César-Franck, Paris, XV.
- 1946 **Gama (Adrien)**, Agr. de l'Univ., Professeur au Lycée Marcellin-Berthelot, Saint-Maur (Seine).
- 1922 * **Gandillot (Jean)**, Chef de Travaux à la Fac. des Sc., 149, r. de la Pompe, Paris, XVI [Tél. Pas. 38-45].
- 1946 **Gangloff (Antoine)**, Lab. de Géol. de la Fac. des Sc., 3, av. Vercingétorix, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
- 1901 * **Garde (Gilbert)**, Dr ès sc., Ancien Chargé de Cours de Min. à la Fac. des Sc., 19, r. Kessler, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
- 1923 **Gardet (Gustave)**, Secrétaire-adjoint d'Insp. Académique de Nancy. Noidant Chatenoy, par Longeau (Haute-Marne).
- 1946 **Gardner (G.)**, Professeur à l'Éc. des Hautes Ét. Commerciales, 535, av. Viger, Montréal 24 (Canada).

- 1933 **Garret (G.)**, Pharmacien, 6, r. Commandant-Girardot, Vesoul (Haute-Saône).
- 1946 **Gatinaud (Georges)**, Lic. ès sc., 17, r. d'Orcel, Paris, XVIII.
- 1944 **Gaudin (Louis Christophe)**, 71, bd de la République, Versailles (S.-et-O.).
- 1930 **Gautier (Marcel)** Géologue princ., Chef Bureau Ét. scient. du Serv. de Colonisation et Hydraulique, Villa des Salines, Alger (Algérie).
- 1942 **Gay (Francisque-Désiré-Olivier)**, Éditeur, ancien ministre, 3, r. Garancière, Paris, VI.
- 1938 **Gazay (Marc)**, 20, av. de Grenoble, Gap (Isère).
- 1934 **Gence (Maurice)**, Ing. T. P. C., 4, traverse du Champ-des-Manœuvres, Aix-en-Provence (Bouches-du-Rhône).
- 1942 **Genson (Eugène)**, Président de la Soc. des Sc. Nat. de Béziers, domaine de Fonseranes, près Béziers (Hérault).
- 1939 **Geological Survey of Alabama**, Research Institution University, Alabama (E. U. A.).
- 1936 **Geologisch Laboratorium van's Rijks Universiteit**, 6, r. de la Roseraie, Gand (Belgique).
- 1928 **Geology Depart^t of the California Institute of Technology**, Pasadena (Californie, E. U. A.).
- 1931 **George (Pierre)**, Professeur agr. au Lycée Charlemagne, 10, r. Carrière Marlée, Bourg-la-Reine (Seine).
- 1945 **Georgéot (Paul)**, Conservateur du Mus. d'H. N. de Toulon, 22, bd de Strasbourg, Toulon et Sainte-Anne-d'Évenos (Var).
- 1922 **Gérard (Colonel Ch.)**, 15, cours Léopold, Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- 1929 **Gérard (Dr Marc)**, Lic. ès sc., Bressieux, par Saint-Pierre-de-Bressieux (Isère).
- 1937 **Gerber (C^{el} en retraite)**, Villa Ernestine, 42, route de Bellet, Nice (Alpes-Mar.).
- 1944 **Germa (Jean)**, Ing.-Géologue à la S. N. P. L. M., Saint-Jean-de-Marnéjols (Gard).
- 1938 **Germain (Jacques)**, Architecte D. P. L. G., 16, r. Fontaine, Paris, IX.
- 1931 **Gerth (H.)**, Prof. Dr A. H. P., Nieuwe-Prinsengracht, 130, Amsterdam (Pays-Bas).
- 1936 **Gèze (Bernard)**, Ing.-Agronome, Lab. de Géol. du Collège de France, pl. Marcellin-Berthelot, Paris, V.
- 1929 **Ghika-Budesti (Stefane N.)**, Dr ès sc., Collaborateur au Serv. Géol., 10, Strada Sebastopol, Bucarest (Roumanie).
- 1931 **Ghitulesco (Thomas-Pierre)**, Ing. des Mines, 128, Calea Victoriei, Bucarest III (Roumanie).
- 1909 **Gignoux (Maurice)**, Correspondant de l'Inst., Professeur de Géol. à la Fac. des Sc., Grenoble (Isère) [Tél. 3-37].
- 1937 **Gigout (Marcel)**, 4, r. du 18 juin 1940, Rabat (Maroc).
- 1932 **Gillard (Pierre A.)**, Lic. ès sc., Diplômé d'Études sup. de Géol., Coll. Serv. Carte géol. Fr., B. P. n° 23, Royan-Pontailiac (Charente-Mar.).
- 1944 **Gille (Paul-Lucien)**, Directeur gén. de Tourbières, membre de la S. I. C. F., Villetard, par Malesherbes (Loiret).
- 1918 **Gillet (M^{lle} S.)**, Dr ès sc., Chef des Travaux à la Fac. des Sc., Inst. de Géol., 1, r. Blessig, Strasbourg (Bas-Rhin).

- 1940 **Giot (Pierre-Roland)**, Conservateur du Musée Préhistorique de Penmarc'k, Inst. de Géologie, 1, r. du Thabor, Rennes (Ille-et-Vilaine).
- 1946 **Girault (Jean)**, Lic. ès sc., 9, bd Victor-Hugo, Limoges (Haute-Vienne).
- 1943 **Giret (Raoul)**, Lic. ès sc., 22, r. de la Chancellerie, Versailles (S.-et-O.).
- 1924 * **Glangeaud (Louis)**, Professeur de Géol., Doyen de la Fac. des Sc. de Besançon (Doubs).
- 1921 **Goblot (Henri)**, Ing. civil des Mines, 64, av. Ghazali, Téhéran (Iran).
- 1906 **Godefroy (René)**, Ingénieur Chef du Secrétariat aux Aciéries de Longwy, 12, r. Édouard-Dreux, Longwy (Meurthe-et-Moselle).
- 1946 **Goettsch (Eugène)**, Ing.-Géologue à la Direction du Serv. des Trav. municipaux de la ville de Strasbourg, 38, r. des Capucins, Strasbourg-Kœnigshoffen (Bas-Rhin).
- 1931 **Goguel (Jean)**, Dr ès Sc., Ing. en Chef au Corps des Mines, Professeur à l'Éc. nat. sup. des Mines, 100, r. du Bac, Paris, VII [Tél. Lit. 76-13].
- 1911 * **Goldman (Marcus)**, U. S. Geol. Surv., Washington, 25 D. C. (E. U. A.).
- 1942 **Goloubinow (Rostislaw)**, Ing.-Géologue, 22, r. Boffrand, Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- 1929 **Gortani (Michèle)**, Professeur de Géol. à l'Univ., 63, r. Zamboni, Bologna (Italie).
- 1943 **Gottis (Maurice)**, 1 pl. Jean-Jaurès, Montpellier (Hérault).
- 1913 **Goujon (Gustave)**, chez M. Domange, 9, av. du Château, Bourg-la-Reine (Seine).
- 1943 **Goupillaud (Pierre-Louis)**, Service des T. P., Cayenne (Guyane française).
- 1938 **Gouskov (N.)**, Ing.-Géologue, Serv. Colonisation et Hydraulique, 135, r. Michelet, Alger (Algérie).
- 1943 **Gouvernet (Claude)**, Lic. ès. sc., D. E. S., 25, bd. Gazzino, Marseille (Bouches-du-Rhône).
- 1910 * **Grandjean (François)**, Membre de l'Institut, Insp. gén. des Mines, 8, square de l'Alboni, Paris, XVI.
- 1942 **Grangeon (Pierre)**, Professeur d'H. N., Éc. Saint-Julien, Brioude (Haute-Loire).
- 1946 **Grauvogel (Louis)**, Industriel, 9, r. Saint-Michel, Monswiller, poste Saverne (Bas-Rhin).
- 1946 **Grékoff (Nicolas)**, Ing. I. G. N. à l'Inst. du Pétrole, 40, r. Lacordaire, Paris, XV.
- 1946 **Grépin (André)**, Ing. civil des Mines, 9, r. Bourlière, Langres (Haute-Marne).
- 1942 **Groult-Deyrolle (Georges)**, Industriel, 46, r. du Bac, Paris, VII.
- 1924 [P] **Groupe des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est**, 25, r. de Clichy, Paris.
- 1943 **Grünevald de Mortillet (Henri)**, Étudiant, 104, r. de Richelieu, Paris, II.
- 1925 **Gubler-Wahl (M^{me} Yvonne)**, Dr ès sc., Inst. du Pétrole, 2, r. de Lübeck, Paris, XVI, et 60, av. d'Iéna, Paris, XVI.

- 1946 **Gueirard (Simone)**, Assistante à la Fac. des Sc., 81, r. de l'Abbé-de-l'Épée, Marseille (Bouches-du-Rhône).
- 1944 * **Guelpa (Paulette-Marie)**, Lic. ès sc., 8, r. Renault, Paris, XI.
- 1924 * **Guérin (Ventura Mario)**, Calle Mallorca, 281-3°-2, Barcelone (Espagne).
- 1933 **Guigue (M^{lle} S.)**, Lic. ès sc., Chef de Lab. du Serv. des Mines de l'Algérie, 14, bd. Baudin, Alger (Algérie).
- 1939 **Guilcher (A.)**, Professeur au Lycée Clemenceau, 69, r. d'Allonville, Nantes (Loire-Inférieure).
- 1923 **Guillaume (L.)**, Agr. de l'Univ., Géologue principal au B. R. G. G., 26, r. de la Pépinière, Paris, VIII.
- 1941 **Guillien (Yves)**, Professeur au Lycée Carnot, 145, bd. Malesherbes, Paris, XVII.
- 1918 **Guyot (Henri)**, Conservateur des Eaux et Forêts, 7, r. du Palais, Chaumont (Haute-Marne).
- 1924 **Haas (J. O.)**, Ing.-Géologue, B. P. 1000, Beyrouth (Liban).
- 1942 **Hallemands (Jean)**, Lic. ès. sc., 28, r. de Paris, Lille (Nord).
- 1946 **Handel (Ilija)**, Étudiant E. N. S. P., 27, r. de Tournon, Paris, VI.
- 1906 **Harris (Gilbert Denison)**, Professeur Palaeontological Research Institution, 126, Kelvin Place, Ithaca (N. Y., E. U. A.).
- 1930 * **Harrisson (John Vernon)**, University Museum, Oxford (Gr.-Bret.).
- 1926 * **Hawkins (Glenn de Wayne)**, Géologue, Standard Oil of New Jersey, 141, Le Moyne Avenue, Washington (Penn., E. U. A.).
- 1922 **Hawxhurst (Robert)**, Ing.-Géologue des Mines, 1, Montgomery street, San Francisco (Calif., E. U. A.).
- 1946 **Hayaux du Tilly (Jean)**, Correspondant de l'Acad. d'Agr., administrateur de l'Inst. de Paléont. humaine, 17, bd Beauséjour, Paris, XVI.
- 1944 **Heering (Dr Jan)**, Carribbean Petroleum Co, Apertado 19, Maracaibo (Venezuela).
- 1920 * **Henry-Couannier (André)**, Ing.-Conseil, 8, bd du Roi-René, Aix-en-Provence (Bouches-du-Rhône).
- 1945 **Hermann (Capitaine de frégate)**, Croiseur « Duguay-Trouin », Poste navale.
- 1925 * **Hermann (Frédéric)**, Dr ès sc., Erba (prov. Como Italie).
- 1937 **Heybrook (Fr.)**, Géologue, Anglo Egyptian Oil Co Ltd, Shell House, I. D. B. 228, Le Caire (Égypte).
- 1946 **Hilly (Jean)**, Géologue au Serv. de la Carte géol. d'Algérie, 14, bd Baudin, Alger (Algérie).
- 1946 **Hirtz (Pierre-Simon)**, Lic. ès sc., 2, r. d'Oran, Lyon (Rhône).
- 1922 * **Hodson (Floyd)**, P. O. Box 368, Hallandale (Florida, E. U. A.).
- 1924 * **Hodson (Mrs Helen King)**, P. O. Box 368, Hallandale (Florida, E. U. A.).
- 1938 **Hoffstetter (Robert)**, Professeur à l'Éc. Polytechnique, Quito (Équateur).
- 1915 * **Houdard (J.)**, Lic. ès sc., Pharmacien, 18, av. Foch, Auxerre (Yonne).
- 1946 **Houel (Capitaine)**, Direction des Affaires indigènes, Rabat (Maroc).
- 1931 **Hourcq (Victor)**, Géologue en chef des Synd. d'Ét. et Rech. pétrolières en A. E. F. et à Madagascar, 23, av. Bouchaud, Nantes (Loire-Inf.).
- 1934 * **Howarth (Wilfred Edgar)**, Conservateur du Musée, Depart^t of

- Geology, National Museum of Wales, Cathays Park, Cardiff (Gr.-Bret.).
- 1944 **Huilleret (Albert-Armand)**, Professeur, 11, passage Boudin, Paris, XX.
- 1911 **Hulster (de), Faible et Cie**, Ing.-Sondeurs, 39, av. Franklin-Roosevelt, Paris, VIII [Tél. Ely. 19-75, 19-76].
- 1935 **Hupé (Pierre)**, Professeur agr. des Sc. Nat., Détaché au C. N. R. S., 3, square Charles-Laurent, Paris, XV [Tél. Suf. 17-14].
- 1936 **Imperial College of Science and Technology** c/o M. G. S. Sweeting, Librarian, South Kensington, London S. W. 7 (Gr.-Bret.).
- 1943 **Institut de Céramique**, 4, Grande Rue, Sèvres (Seine) [Tél. Obs. 03-03].
- 1945 **Institut de Géographie de l'Université de Lyon**, 72, r. Pasteur, Lyon (Rhône).
- 1943 **Institut de Géologie**, Fac. des Sc., r. du Thabor, Rennes (Ille-et-Vilaine).
- 1881 **Institut de Géologie et de Paléontologie de l'Université**, Strasbourg (Bas-Rhin).
- 1946 **Institut du Pétrole**, 2, r. de Lübeck, Paris, XVI.
- 1930 **Institut Géologique et Minéralogique de l'Université d'Utrecht**, Oudegracht, 320, Utrecht (Pays-Bas).
- 1921 [P] **Institut Géologique de l'Université de Cluj** (Roumanie).
- 1910 **Institut Géologique de l'Université de Cracovie** (Pologne).
- 1933 **Institut Géologique de l'Université de Louvain**, 10, r. Saint-Michel, Louvain (Belgique).
- 1921 [P] **Institut Géologique de l'Université Masaryk**, 59, Kounicova, Brno (Tchécoslovaquie).
- 1937 **Institut Géologique, École Polytechnique Tchèque**, Trojarava, 13, Prague (Tchécoslovaquie).
- 1933 **Institut Géologique et Minier d'Espagne**, Madrid (Espagne).
- 1933 **Institut Géologique et Paléontologique de l'Université de Rome** (Italie).
- 1923 **Institut scientifique chérifien**, Rabat (Maroc).
- 1931 **Institut supérieur technique**, Lab. de Géol., r. Boa Vista, Lisbonne (Portugal).
- 1925 **Istituto di Geologia**, via Lamarmora, Firenze (Italie).
- 1906 **Istituto di Geologia**, 20, via Giotto, Padova (Italie).
- 1933 **Istituto di Geologia**, Palazzo Carignano, Turin 108 (Italie).
- 1930 **Jaccard (Frédéric)**, Privat-Docent à l'Univ. de Lausanne, chalet Sans-Souci, Pully (Vaud, Suisse).
- 1945 **Jaccard (Louis-Justin)**, Secrétaire de Direction, 130, r. du Parc, La Chaux-de-Fonds (Suisse).
- 1904 **Jacob (Charles)**, Membre de l'Institut, Professeur de Géol. à la Fac. des Sc., 1, r. Victor-Cousin et 1, Place du Panthéon, Paris, V.
- 1946 **Jacob (Dimitri)**, Dr ès sc., assistant au Lab. de Géol. de l'Univ. de Cluj (Roumanie).
- 1946 **Jacob (Henri-Charles)**, Élève-ing., 1, place du Panthéon, Paris, V.
- 1946 **Jacquemont (Paul)**, Ing.-Géologue, Soc. Chérifienne des Pétroles, Petitjean (Maroc).
- 1935 **Jacquet (André)**, Ing., 26, r. des Plantes, Paris, XIV.

- 1942 **Janet (Paul-Marie)**, Ing. du Génie Rural, 10, r. des Augustins, Perpignan (Pyr.-Orientales).
- 1946 **Jaoul (Pierre)**, Ing.-Géologue, 26, r. Parmentier, Neuilly (Seine).
- 1945 **Jarovoy (Michel)**, Ing.-Géologue, Serv. de la Carte géol. d'Alsace et de Lorraine, 1, r. Blessig, Strasbourg (Bas-Rhin).
- 1948 **Jeannet (Alphonse)**, Professeur à l'Éc. Polytechnique Fédérale, 5, Sonneggstrasse, Zurich 6 (Suisse).
- 1946 **Jekhowsky (Benjamin de)**, Villa « La Dauphinoise », Bouzaréa-Alger (Algérie).
- 1921 **Jérémine (M^{me} Elisabeth)**, Dr ès sc., Lab. de Min. du Muséum nat. d'H. N., 61, r. de Buffon, Paris, V.
- 1907 * **Jodot (Paul)**, anc. Chef des Travaux de Géol. gén. à l'Éc. nat. supér. des Mines, 12, r. du Regard, Paris, VI.
- 1924 * **Johnson (Harlan)**, Professeur de Géol. à l'École des Mines de Golden, Box 336 (Colorado, E. U. A.).
- 1945 **Joly (Abbé Charles-François-Mario-Joseph)**, Professeur de Sc. au Petit Séminaire de Flavigny-sur-Ozerain (Côte-d'Or).
- 1942 **Joly (Fernand-Gabriel)**, Agr. de l'Univ., Professeur au Lycée Lyautey, Casablanca (Maroc).
- 1903 **Joly (Henri)**, Professeur à la Fac. des Sc., Coll. Serv. Carte géol. de France, 41, bd Georges-Clemenceau, Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- 1927 **Joly (Robert de)**, Président du Spéléo Club de France, Uchaud (Gard) [Tél. n° 8].
- 1925 **Jongmans (W. J.)**, Directeur du Serv. Géol. du Limbourg, 86, Akerstraat, Heerlen (Pays-Bas).
- 1946 **Jouravsky (G.)**, Ing.-Géologue, Serv. Géol. du Maroc, Rabat (Maroc).
- 1927 **Jourdain (Pierre)**, Ing. civil des Mines, 12, av. Gambetta, Chinon (Indre-et-Loire).
- 1946 **Journaux (André)**, Agr. de l'Univ., Professeur au Lycée de Chartres, 161, bd du Montparnasse, Paris, VI.
- 1942 **Jullien-Christol (M^{me} L.)**, Géologue, Ambassade de France, Téhéran (Iran).
- 1923 **Jung (Jean)**, Professeur à la Fac. des Sc. 42, av. Julien, Clérmont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
- 1946 **Junta das Missões geograficas e de Investigações coloniais**, Ministère des Colonies, Palacio da Junqueira, Lisbonne (Portugal).
- 1933 **Juville (Henri)**, Ing. civil des Mines, 54, bd Maillot, Neuilly-sur-Seine (Seine).
- 1945 **Karpoff (Roman)**, Lic. ès sc. géol. et minér. (Liège), Lab. de Géol. de l'Univ., 1, r. Cousin, Paris, VI.
- 1922 [C] **Kettner (Dr Radim)**, Professeur à l'Inst. géol. de l'Univ. Charles, Albertov, 6, Prague, II (Tchécoslovaquie).
- 1946 **Khoury (Joseph)**, 104, r. Kari, Damas (Syrie).
- 1945 **Kikoïne (Jacques)**, S. N. P. A., 4, r. de Belfort, Toulouse (Haute-Garonne).
- 1923 **Kilian (Conrad)**, 23 r. du Bac, Paris, VII.
- 1936 [C] **Koch (Dr Lange)**, Grønlands Geologiske Undersøgelse, Kalvebod Brygge, 2, Copenhague V (Danemark).

- 1926 **Koutek (Jaromir)**, Dr ès sc., Professeur de Géol. à l'Univ., Albertov 6, Prague II (Tchécoslovaquie).
- 1936 **Kovenko (Vladimir)**, Ing. civil des Mines, 37, Hanëmeli Sokak, Ankara (Turquie).
- 1921 **Kozlowski (Roman)**, Professeur de Pal. à l'Univ., ul Wileza, 22 m 4, Varsovie (Pologne).
- 1940 **Ksiazkiewicz (Marian)**, Professeur à l'Univ. de Cracovie (Pologne).
- 1946 **Kulbicki (Georges)**, Lic. ès sc., Lab. de Géol. de l'Inst. Catholique, 31, r. de la Fonderie, Toulouse (Haute-Garonne).
- 1921 **Laboratoire de Géographie physique** de la Fac. des Sc. de Paris, 1, r. Victor-Cousin, Paris, V [Tél. Odé. 24-13, l. 14].
- 1923 **Laboratoire de Géologie appliquée** de la Fac. des Sc. de Paris, 191, r. Saint-Jacques, Paris, V. [Tél. Odé. 32-72].
- 1903 **Laboratoire de Géologie** de l'Éc. norm. sup., 43, r. d'Ulm, Paris, V. [Tél. Odé. 06-43].
- 1891 **Laboratoire de Géologie** de la Fac. des Sc. de Caen (Calvados).
- 1942 **Laboratoire de Géologie** de la Fac. des Sc. de Montpellier (Hérault).
- 1904 **Laboratoire de Géologie** de la Fac. des Sc. de Paris, 1, r. Victor-Cousin, Paris, V [Tél. Odé. 24-13, l. 10].
- 1936 **Laboratoire de Géologie** de l'Université de Bruxelles, 50, av. Franklin-Roosevelt, Bruxelles (Belgique).
- 1912 **Laboratoire de Géologie** du Collège de France, place Marcellin-Berthelot, Paris, V [Tél. Odé. 81-60].
- 1939 **Laboratoire de Géologie** du Muséum nat. d'H. N., 64, r. de Buffon, Paris, V.
- 1894 **Laboratoire de Paléontologie** du Muséum nat. d'H. N., 3, pl. Valhubert, Paris, V [Tél. Gob. 36-48].
- 1943 **Laboratoire des Sols et Fondations**, 12, r. Brancion, Paris, XV.
- 1943 **Laboratorio de Geologia**, Univ. de Grenade (Espagne).
- 1939 **Lachasse (Jacques)**, Lic. ès sc., 16, av. Beauséjour, Clamart (Seine).
- 1886 **Lacroix (Alfred)**, Secrétaire perpétuel de l'Acad. des Sc., Professeur hon. de Min. au Muséum nat. d'H. N., 23, r. Jean-Dolent, Paris, XIV [Tél. Gob. 36-27].
- 1946 **Lafeber (Dr D.)**, 7, Vijverlaan, Driebergen (Utrecht, Pays-Bas).
- 1926 * **Laféteur (Ferdinand)**, 22, r. du Temple, La Rochelle (Charente-Mar.).
- 1931 * **Laffitte (Robert)**, Dr ès Sc., Maître de Conférences à la Fac. des Sc., r. Michelet, Alger (Algérie).
- 1943 **Lagneau-Héranger (M^{me} Lucette)**, 1, pl. de la Gare, Richeviller (Haut-Rhin).
- 1942 **Lalou (M^{lle} Claude)**, 6, r. de Seine, Paris, VI.
- 1913 **Lamare (Pierre)**, Dr ès sc., Lic. en dr., Professeur à l'Inst. Nat. Agronomique et à l'Éc. Nat. d'Agriculture de Grignon, 16, r. Ernest-Cresson, Paris, XIV [Tél. Suffren 49-96].
- 1938 **Lambert (Alexis)**, Géol. du Serv. de la Colonisation et de l'Hydraulique, 13, r. Victor-Hugo, Saint-Eugène-Alger (Algérie).
- 1946 **Lamure (Charles-Georges)**, Diplômé d'Ét. sup. de Géographie, Instituteur, 10, r. Quatrefoies, Paris, V.
- 1946 **Lange (Frederico)**, Paléontologiste, Caixa postal 16, Pontagrossa, Parana (Brésil).

- 1945 **Lanly (Roger-Georges)**, Fonctionnaire au Ministère de la Reconstruction, 63 bis, r. de Nancy, Épinal (Vosges).
- 1908 **Lanquine (Antonin)**, Professeur de Géol. appliquée à la Fac. des Sc., Professeur hon. à l'Éc. Cent. des Arts et Man., 191, r. Saint-Jacques, Paris, V.
- 1939 **Lapadu Hargues**, Lab. de Géol. de la Fac. des Sc., 1, r. Victor-Cousin, Paris, V.
- 1932 **Lapparent (Abbé Albert F. de)**, Dr ès sc., Maître de conférences à l'Inst. Catholique, 21, r. d'Assas, Paris, VI [Tél. Lit. 70-39]
- 1945 **Lapparent (Claude de)**, Ing. E. N. S. P., Lic. ès sc., 42, quai Louis-Blériot, Paris, XVI.
- 1906 **Lapparent (Jacques de)**, Correspondant de l'Institut, Professeur à la Fac. des Sc. et à l'Éc. centrale des Arts et Man., 42, quai Louis-Blériot, Paris, XVI.
- 1928 **Larcher (Charles)**, Professeur au Collège de Toul, 13, r. Joly, Toul (Meurthe-et-Moselle).
- 1945 **Laurentiaux (Daniel)**, Assistante de Paléont. à l'Éc. nat. sup. des Mines, 60, bd Saint-Michel, Paris, VI.
- 1946 **Laurentiaux (M^{me} F. Vieira)**, Assistante de Géol. à l'Éc. nat. sup. des Mines, 60, bd Saint-Michel.
- 1934 **Lavaur de Laboisie (Comte Guy de)**, 10, r. Poussin, Paris, XVI.
- 1928 **Laverdière (Abbé J.-W.)**, Lab. de Géol. Univ. Laval, Québec P. Q. (Canada).
- 1938 **Lavocat (René-Jean-Marie)**, 6, r. des Fossés-Saint-Marcel, Paris, V.
- 1935 **Lavrentieff (Inokenty)**, Ing. civil des Mines, r. du Docteur-Veyre, Casablanca (Maroc).
- 1928 **Lebedeff (Vladimir)**, Ing.-Géol., 20, r. de Longchamp, Paris, XVI.
- 1945 **Le Calvez (M^{me} Y.)**, Fac. des Sc., Rennes (Ille-et-Vilaine).
- 1908 * **Lecointre (Georges)**, Dr ès sc., Ing.-Géol., B. R. G. G., 7, r. Pérignon, Paris, XV.
- 1920 * **Le Conte (André)**, Ing. civil des P. et Ch., 7, r. Picot, Paris, XVI [Tél. Klé. 85-22].
- 1936 * **Legoux (Pierre)**, Ing. en chef des Mines, Ministère des Colonies, 27, r. Oudinot, Paris, VII.
- 1935 **Le Gouz de Saint-Seine (Rév. Père Pierre)**, 9, r. Raynouard, Paris, XVI.
- 1925 **Legrave (Michel)**, Ing. civil des Mines, Professeur, à l'Univ. de Liège, 67, r. Wazon, Liège (Belgique).
- 1946 **Leloup (Roger-André)**, 8, r. Fernand-Foureau, Paris, XII.
- 1937 **Lelubre (Maurice)**, 1, r. Pierre-Leroux, Paris, VII.
- 1931 **Le Maître (M^{lle} D.)**, Dr ès sc., 13, r. de Toul, Lille (Nord).
- 1940 **Lemaître (Hélène)**, Assistante temporaire au Lab. de Géol. de la Fac. des Sc. de Caen (Calvados).
- 1921 **Lemoine (Eugène)**, Dr ès sc., Professeur agr. hon., 6, r. Marcoz, Chambéry (Savoie).
- 1913 * **Lemoine (M^{me} Paul)**, Dr ès sc., La Bezole par Villelongue (Aude).
- 1925 **Lenoble (André)**, Ing.-Géologue, Chef de Lab. au Commissariat d'En. At., 127, bd Saint-Michel, Paris, V.
- 1923 **Lepape (A.)**, Chargé de cours au Collège de France, 52, r. de Bourgogne, Paris, VII.
- 1903 **Leriche (Maurice)**, Correspondant de l'Institut, Professeur de

- Géol. à la Fac. des Sc. de Lille et à l'Univ. de Bruxelles, 113, av. de la Floride, Uccle-Bruxelles (Belgique).
- 1921 **Leroux (Edmond)**, Ingénieur au Serv. des Eaux de la S. N. C. F. (Nord), 43, r. Félix-Faure, Enghien-les-Bains (S.-et-O.).
- 1942 **Lestre (Comtesse Jacqueline de Boigne)**, 29, r. Boissière, Paris, XVI.
- 1938 * **Létard (Jacques-Émile)**, 98, av. Kléber, Paris, XVI.
- 1944 * **Letort (Yves)**, Ing. des Arts et Man., Maître de Conférences à l'École Centrale des Arts et Man., 16, r. Lalo, Paris, XVI.
- 1939 **Letourneur (Jean-Noël-Eugène)**, Lic. ès sc., Lab. de Géol., École supér. des Mines, Saint-Étienne (Loire).
- 1937 **Lévy-Levasseur (Raymond)**, Ing.-Géologue, Société chérifienne des Pétroles, Petit-jean (Maroc).
- 1945 **Lhoste (M^{me} Laure)**, 1, r. Paul-Chautard, Paris, XV.
- 1923 **Librarian of the University of Bristol (Gr.-Bret.)**.
- 1925 **Library Accessions Department, Science Museum, South Kensington, London SW, 7 (Gr.-Bret.)**.
- 1920 * **Liddle (R. A.)**, Géologue, 520, North Ross avenue, Mexia (Texas, E. U. A.).
- 1936 **Lillie (Arnold)**, Dr ès sc., Geological Survey, Wellington (Nouv. Zélande).
- 1916 * **Lippmann (Eugène)**, Lic. ès sc., Ingénieur, 41, r. Victor-Massé, Paris, IX.
- 1921 **Livet (Georges)**, Chef du Serv. géol. de la Cie des Mines de la Grand'Combe (Gard).
- 1945 **Llopis Llado (Noël)**, Professeur de Géol. à l'Univ. de Barcelone (Espagne).
- 1938 **Lombard (André)**, 5, chemin du Mont-Blanc, Chêne-Bougeries, Genève (Suisse) et S. E. R. E. P. T., 2, r. Barca, Tunis (Tunisie).
- 1934 **Lombard (Augustin E.)**, Dr ès sc., Géologue, Villette Conches près Genève (Suisse).
- 1936 **Longchambon (Henri)** Professeur de Minér. à la Fac. des Sc., ancien ministre, 18, quai Claude-Bernard, Lyon (Rhône).
- 1946 **Lopez (Victor)**, Directeur du Serv. de Geol. y Min., Ministerio de Fomento, Caracas (Venezuela).
- 1889 **Lory (Pierre-Charles)**, Chargé de Conférences de Géol. à la Fac. des Sc., 6, r. Fantin-Latour, Grenoble (Isère).
- 1941 **Lossel (Paul)**, Géologue au Service des Recherches minières, B. P. 72, Relizane (départ. Oran, Algérie).
- 1946 **Lougnon (Jean-Marc)**, Ing. civil des Mines, B. R. G. G., 26, r. de la Pépinière, Paris, VIII.
- 1944 **Louis (J.)**, Ing. civil des Mines, 89, cours Gambetta, Lyon (Rhône).
- 1936 * **Loup (Henri)**, Ing. des Arts et Man., 7 bis, av. Charles-de-Gaulle, Montmorency (S.-et-O.).
- 1930 **Lucas (Gabriel)**, Dr ès Sc., Assistant au Lab. de Géol. de la Fac. des Sc., 3, r. Paillet, Paris, V.
- 1899 [A] **Lugeon (Maurice)**, Membre Associé de l'Inst., Professeur à l'Univ., villa des Préalpes, 23, av. Charles-Secrétan, Lausanne (Suisse).
- 1946 **Lusinch (Dominique)**, Professeur de Sc. nat. au Collège classique de Castres, 71, av. Albert I^{er}, Castres (Tarn).
- 1912 **Lutaud (Léon)**, Professeur de Géogr. physique à la Fac. des Sc., 1, r. Victor-Cousin, Paris, V [Tél. Jasmin 01-30].

- 1946 **Lys (Maurice)**, Ing. E. N. S. P., 108, r. Lamarck, Paris, XVIII.
- 1923 **Machado e Costa (Alfredo d'Oliveira)**, Professeur de Minér. à l'Univ., Directeur du Museu e Lab. Min. et Géol., r. Janêlas Verdes, 64, 1^{er}, Lisbonne (Portugal).
- 1920 [C] **Macovei (Georges)**, Inst. géol. de Roumanie, 2, Chaussée Kisselef Bucarest (Roumanie).
- 1939 **Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü** (Institut d'Études et de Recherches minières), Posta Kutusu, 116, Ankara (Turquie).
- 1923 * **Madsen**, Directeur du Serv. géol. du Danemark, Kastanienvej, n° 10, Copenhague (Danemark).
- 1944 **Magne (André)**, Aide-technique au Lab. de Géol. de la Fac. des Sc., 20, cours Pasteur, Bordeaux (Gironde).
- 1946 **Magne (Jean)**, Élève-ing. à l'E. N. S. P., 14, r. de Trévise, Paris, IX.
- 1946 **Maillard (Paul)**, Ing. des Mines, 9, r. de Valois, Paris.
- 1934 **Maïkovsky (V.)**, Ing. aux Mines domaniales de Potasse d'Alsace, 11, fg d'Altkirch, Mulhouse (Haut-Rhin), et 9, r. Lamartine, Lutterbach (Haut-Rhin).
- 1935 **Mailles (Général Charles)**, 1, r. de la Liberté, Aix-en-Provence (Bouches-du-Rhône).
- 1937 **Mainguy (Maurice)**, Géologue, chef du terrain, S. N. P. L. M., B. P. 150, Montpellier (Hérault).
- 1931 * **Maitre (Paul)**, Carrier, route de Cluis, Aigurande (Indre).
- 1946 **Malatesta (Alberto)**, Via San Giovanni Bosco, 4, Livourne (Italie).
- 1944 **Malaurie (Jean)**, Lic. ès lettres, 10, r. de l'Abbaye, Paris, VI.
- 1943 **Malle (André)**, Lic. ès sc., 22, sentier des Prés, Mons-en-Barœul (Nord).
- 1923 **Malychef (M^{lle} Vera)**, anc. Assistante de Géol. à l'Univ. de Pétrograd, 91, r. Lecourbe, Paris, XV.
- 1929 **Mantelet (Camille)**, Ingénieur au Comptoir français de l'Azote, 55, r. de la Paix, Troyes (Aube).
- 1929 **Marçais (Jean)**, Dir. Serv. Géol., Maroc, Rabat (Maroc).
- 1943 **Margerie**, Receveur d'enregistrement, au Rioux-Beix par Tulle (Corrèze).
- 1877 **Margerie (Emmanuel de)**, Membre de l'Institut, Professeur hon. à la Fac. des Sc. de Strasbourg, 110, r. du Bac, Paris, VII.
- 1928 **Marie (Pierre)**, Ing.-Chimiste, Chef du Lab. de Micropaléontologie du B. R. G. G., 26, r. de la Pépinière, Paris, VIII.
- 1929 [C] **Marin (Agustin y Bertran de Lis)**, Ing. des Mines, 110, Serrano Madrid (Espagne).
- 1929 **Marlière (René)**, Dr ès. sc., Professeur à l'Éc. des Mines et de Métallurgie de Mons, 31, r. des Combattants, Hyon (Belgique).
- 1923 **Marshall (P.)**, Professeur à l'Univ., 50, Ludham Crescent, Lower Hutt (Nouv.-Zélande).
- 1934 **Martel (Abbé Henri)**, Presbytère de Saulges (Mayenne).
- 1945 **Martin (Roger-Maurice)**, Ing. civil des Mines, 5, pl. Adolphe-Cherieux, Paris, XV.
- 1897 * **Martonne (Emmanuel de)**, Membre de l'Institut, 10, av. Charles-Floquet, Paris, VII.
- 1944 **Massoulié (Georges)**, Ing. civil des Mines, 59, av. Maurice-Berteaux, Le Vésinet (Seine-et-Oise).

- 1930 **Mathieu (Gilbert)**, Maître de Conférences à l'Éc. sup. de Géol., 94, av. de Strasbourg, Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- 1934 **Mathieu (Abbé H.)**, Professeur au Petit Séminaire d'Orgeville, par Pacy-sur-Eure (Eure).
- 1942 **Maubeuge (Pierre)**, 18, r. Raymond-Poincaré, Laxou-Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- 1946 **Maurer (Gérard-Louis)**, Étudiant, 4, r. Pasteur, Gennevilliers (Seine).
- 1938 **Mayne (S. J.)**, Water Development Dept, Dodoma T. (Est africain).
- 1929 **Mazenot (Georges)**, Dr ès sc., Prof. au Lycée Ampère, 16, r. Artaud, Lyon (Rhône).
- 1905 * **Mecquenem (Roland de)**, Ing. civil des Mines, anc. Délégué en Perse du Min. de l'Inst. Pub., 16, r. du Pré-aux-Clercs, Paris, VII.
- 1942 **Medeiros (Artur-Cândido de)**, Géologue du « Fomento Mineiro », r. Santos Pausada, 297, Porto (Portugal).
- 1933 * **Mémin (M^{me} Louis)**, Secrétaire-gérante honoraire de la Soc. géol. de France, r. de Rennes, Janzé (Ille-et-Vilaine).
- 1924 **Menchikoff (Nicolas)**, Dr ès sc., Directeur de l'Inst. de Recherches Sahariennes, Lab. Géol. de la Fac. des Sc., 1, r. Victor-Cousin, Paris, V.
- 1946 **Mendes (Josué Camargo)**, Assistant, Départ. de Géol. et de Paléont., Univ. de São Paulo, Caixa Postal 105 B, São Paulo (Brésil).
- 1936 **Mendizabal y Gortazar (Joachim)**, Ing. des Mines, Membre de l'Institut Géol. et Minier d'Espagne, Villa Magnolia, Ategorrieta, San Sebastian (Espagne).
- 1909 **Mengaud (Louis)**, Professeur hon. de Géol. à la Fac. des Sc., Allées Saint-Michel, Toulouse (Haute-Garonne).
- 1927 **Mercier (Jean)**, Dr ès sc., Serv. Géol. Inst. M. T. A., Ankara (Turquie).
- 1933 **Meunier (André)**, Dr ès sc., 13, place Carnot Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- 1913 **Meunier (Wladimir)**, Directeur hon. du Gouvernement gén. de l'Algérie, 3, r. Saint-Louis-en-l'Île, Paris, IV.
- 1930 **Meurisse (Louis)**, 21, r. d'Arras à Carvin (Pas-de-Calais).
- 1911 * **Michalon (Lucien)**, Lic. ès sc., Ing. civil des Mines, 96, r. de l'Université, Paris, VII.
- 1913 * **Michel (Pierre)**, Lic. ès sc., Géol. en chef à la Régie autonome des Pétroles, Saint-Gaudens (Haute-Garonne).
- 1946 **Michel (Robert)**, Assistant au Lab. de Géol. de la Fac. des Sc., 3, av. Vercingétorix, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
- 1901 **Michel-Lévy (Albert)**, Membre de l'Institut, Professeur à la Fac. des Sc., 26, r. Spontini, Paris, XVI. [Tél. Passy 77-78].
- 1939 **Michot (Paul)**, Chargé de Cours à l'Univ., 96, impasse Lacroix, Liège (Belgique).
- 1933 **Michou (Jacques)**, Professeur au Collège, 64, r. du Puits, Honfleur (Calvados).
- 1928 **Migaux (L.)**, 1, place du Panthéon, Paris, V.
- 1938 **Milhaud (Georges)**, Vice-Président de la Soc. spéléologique de France, 138, bd Carnot, Labastide-Rouairoux (Tarn).
- 1942 **Millot (Georges)**, Assistant à l'Éc. sup. de Géol., 94, r. de Strasbourg, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

- 1938 **Milokhoff (Eugène)**, Ing.-Géologue à la S. N. P. A., 9, r. Saint-Pierre, Dax (Landes).
- 1920 **Milon (Yves)**, Professeur de Géol., Doyen de la Fac. des Sc., Institut de Géol., r. du Thabor, Rennes (Ille-et-Vilaine).
- 1946 **Mines de Charrier**, La Prugne (Allier).
- 1946 **Mines de Montmins**, Le Mazet, par Louroux-de-Bouble (Allier).
- 1946 **Mines du Djebel-Bou-Amrane**, Bougie (Algérie).
- 1945 **Minoux (Georges)**, Ing.-Géol. adjoint au B. R. G. G., 26, r. de la Pépinière, Paris, VIII.
- 1929 **Mitzopoulos (Max)**, Professeur de Géol. à l'Univ. 9, r. Tassitza, Athènes (Grèce).
- 1945 **Moëne-Loccoz (René-Jean)**, 3, r. Saint-Nicolas, Paris, XII.
- 1941 **Molle (Marcel)**, Professeur de lycée, 31, av. de Déols, Châteauroux (Indre).
- 1946 **Molly (Émile-William)**, Ing. à la Direction des Mines de l'A. O. F., 12, av. Roume, Dakar (A. O. F.).
- 1942 **Mongin (Denise)**, Lic. ès sc., D. E. S., Géol. au Centre d'Ét. d'Hygiène, Section de Génie sanitaire, 66, r. Saint-Sébastien, Marseille (Bouches-du-Rhône).
- 1939 **Monod (Joël)**, Géol. au Serv. Colonisation et Hydraulique, 10, r. Jean-Richepin, Alger (Algérie).
- 1936 * **Monod (Théodore)**, Dr ès sc., Directeur du Lab. des Pêches coloniales au Muséum nat. d'H. N., 57, r. Cuvier et 21, r. Valette, Paris, V.
- 1946 **Montenegro de Andrade (Miguel)**, Repartição de Geol. e Minas, Luanda (Angola).
- 1944 **Monthiers (Bernard)**, Ing. civil des Mines, 15, av. de la Bourdonnais, Paris, VII.
- 1944 **Montocchio (Henri)**, Consul de France, 34, rue de la Faisanderie, Paris, XVI.
- 1946 **Morais Cerveira (Alberto de)**, Ing. des Mines, Assistant à la Fac. technique de l'Univ. de Porto, r. dos Bragas, Porto (Portugal).
- 1911 **Morellet (Jean)**, 3, bd Henri-IV, Paris, IV [Tél. Arch. 04-18].
- 1944 **Morer (Jean-Jacques)**, Ing.-Géologue adjoint au B. R. G. G., 26, r. de la Pépinière, Paris, VIII.
- 1919 **Moret (Léon)**, Dr ès sc., Dr en méd., Professeur de Géol. à la Fac. des Sc. de Grenoble (Isère).
- 1942 **Morin (Philippe)**, Serv. Géol., Gîtes minéraux, Rabat (Maroc).
- 1943 **Morlot (Charles-Lucien)**, Professeur, 189, r. de Paris, Clamart (Seine).
- 1930 **Mouta (Fernando de Oliveira Velez)**, Repartição central de Geologia e Minas, Luanda (Angola).
- 1942 **Mouterde (Abbé R.)**, Lic. ès sc., Fac. catholique, 25, r. du Plat, Lyon (Rhône).
- 1903 **Moutier (François)**, Dr en méd., Lic. ès sc., anc. interne des Hôpitaux, 78, r. de Monceau, Paris, VIII [Tél. Lab. 07-43].
- 1925 * **Mueller-Carlson (F. C. D.)**, Dr ès sc., Géologue, 2, Riddarvägen, Lidingö (Suède).
- 1927 **Musée Calvet**, Avignon (Vaucluse).
- 1924 **Musée cantonal de Lorrez-le-Bocage** (Seine-et-Marne).
- 1942 **Musée Demaeght**, r. Bey Mustapha, Oran (Algérie).
- 1942 **Musée d'Histoire Naturelle de Bâle**, Augustinergasse 2, Bâle (Suisse).

- 1941 **Musée d'Histoire Naturelle de Laval**, Vieux Château (Mayenne).
- 1930 **Museu e Laboratorio mineralogico e geologico**, Fac. des Sc.,
r. da Escola Politenica, Lisbonne (Portugal).
- 1942 **Muséum d'Histoire Naturelle de Nantes** (Loire-Inf^{re}).
- 1942 **Muséum d'Histoire Naturelle de Nîmes** (Gard).
- 1945 **Nadal (Roger)**, Ing. civil des Mines, 9, r. de Luxembourg, Nar-
bonne (Aude).
- 1929 **Nahas (Michel)**, anc. Directeur du Commerce et de l'Industrie
de l'État de Syrie, 29, bd Magenta, Paris, X.
- 1921 **Nassans (René)**, Lab. de géol. du Muséum nat. d'H. N., 61, r. de
Buffon, Paris, V.
- 1908 **Nègre (Georges)**, Ing. en retraite, Ex-directeur d'exploitations
minières, 5 bis, r. Delaizemont, Neuilly-sur-Seine.
- 1942 **Neiva (João Manuel Cotelô)**, Assistant de Min., Lab. Min. et Géol.
de la Fac. des Sc., Univ. de Porto (Portugal).
- 1926 **Neltner (Louis)**, Ing. au Corps des Mines, Professeur de Géol. à
l'École nat. des Mines, 158 bis, cours Fauriel, Saint-Étienne
(Loire).
- 1933 **Němejc (François)**, Dr. N. R., Univ. doc. de Paléobotanique,
Musée Nat. (Géol.), Prague (Tchécoslovaquie).
- 1927 * **Nicklès (Maurice)**, Ing.-Géologue, 18 bis, r. Denfert-Rochereau,
Paris, V.
- 1944 **Nicolas (Jean-Paul)**, Géologue à la S. N. P. A., 82, r. de Fontenay,
Vincennes.
- 1912 **Nicolesco (G.-P.)**, Dr ès sc., Ing.-Géologue, I. G. N., Coll. Serv. Carte
géol. de France, 94, r. Croix-Nivert, Paris, XV.
- 1906 * **Nicou (Paul)**, Ing. en Chef des Mines, 4, r. Georges-Berger,
Paris, XVII [Tél. Car. 64-40].
- 1946 [C] **Niggli (Paul)**, Directeur de l'Éc. Polytechnique Fédérale, Rigis-
trasse, 40, Zurich 6 (Suisse).
- 1944 **Nogues (Albert)**, Ing. des Arts et Man., 2, r. Jacqueline, Boulogne-
sur-Seine (Seine).
- 1946 **Nongarède (Francis-Pierre)**, Ing. E. T. P., 29, r. de Marseille,
Bordeaux (Gironde).
- 1942 **Obermuller (Alphonse)**, Dr ès. sc., Ing.-Géologue, 18 bis, r. Den-
fert-Rochereau, Paris, V.
- 1938 **Oehmichen (Étienne)**, Professeur au Collège de France, pl. Mar-
cellin-Berthelot, Paris, V.
- 1924 [P] **Office chérifien des Phosphates à Rabat** (Maroc).
- 1945 **Office de la Recherche Scientifique Coloniale**, 8, r. Paul-Baudry,
Paris, VIII.
- 1936 **Ohio State University Library**, Colombus (Ohio, E. U. A.).
- 1921 **Olsson (Axel A.)**, anc. Assistant au Lab. de Pal. de la Cornell
Univ., Stumpbridge road. R. F. D. n° 3, Langhorne (Penn.
E. U. A.).
- 1921 **Oncieu de la Batie (Joseph d')**, Omnium français des Pétroles,
280, bd Saint-Germain, Paris, VII.
- 1937 **Onfray**, Ing. en Chef du Génie Rural, 27, r. des Tisons, Alençon
(Orne).
- 1920 **Orcel (Jean)**, Professeur de Min. au Muséum nat. d'H. N., 2, r. de
Charolais, Paris, XII.

- 1946 **O'Reilly Sternberg (Hilgard)**, Professeur à l'Univ., 61, r. Viaconde de Silva, Rio de Janeiro (Brésil).
- 1946 **Ormières-Claverie (M^{me} Berthe)**, Ing.-Géologue à l'Inst. du Pétrole, 14, r. Wilhelm, Paris, XVI.
- 1937 **Ornellas (Baron Charles Evariste d')**, Ing. des Arts et Man., 61, av. Victor-Hugo, Paris, XVI.
- 1937 **Ostrowsky (V.)**, Ing.-Géologue, S. N. P. L. M., B. P. 138, Montpellier (Hérault).
- 1924 **Oulianoff (Nicolas)**, Professeur à l'Univ. de Lausanne (Suisse).
- 1946 **Owodenko (Boris)**, Ing. I. E. G. Soc. chérifienne du Djerada, Ainguenfounda, par Oudjda (Maroc).
- 1913 ***Painvin (G.-J.)**, Ancien Professeur de Pal. à l'Éc. nat. supér. des Mines, 36, r. Michel-Ange, Paris, XVI et 10, r. du Général-Foy, Paris, VIII.
- 1939 **Papastamatiou (Jean)**, Chef des Travaux au Lab. de Géol. de l'Univ., 46, bd Franklin-Roosevelt, Athènes (Grèce).
- 1938 **Paque (André)**, 23, bd Pasteur, Paris, XV.
- 1928 **Parent (Henri)**, Lic. ès sc. nat., Villa Bleue, av. Louis-Cochois, Nice (Alpes-Mar.).
- 1945 **Pastora (José Luis)**, Ing. des Mines, Carlos III, n° 3, Madrid (Espagne).
- 1939 **Pasturaud (M^{lle} Marie-Thérèse)**, 16, r. Rémyilly, Versailles (S.-et-O.).
- 1920 *** Patte (Étienne)**, Professeur de Géol. et de Min. à la Fac. des Sc. de Poitiers (Vienne).
- 1932 **Pavans de Ceccatty (R.)**, Ing. civil des Mines, Soc. d'Ét. et d'Explor. Min., 20, r. de l'Arcade, Paris, VIII.
- 1943 **Payard (J.-M.)**, Dr en méd., Lic. ès. sc., 1 bis, r. de la Tranchée, Poitiers (Vienne).
- 1920 [P] **Pechelbronn**, Société anonyme d'exploitation minière, Merkwil-ler Pechelbronn (Bas-Rhin).
- 1942 **Pellerin (Eric)**, Lic. ès. sc., 72, av. de Wagram, Paris, XVII.
- 1923 **Péneau (Joseph)**, 50, r. du Docteur-Guichard, Angers (M.-et-L.).
- 1944 **Péreau (Pierre)**, 24, r. Augustin-Thierry, Sevran (S.-et-O.).
- 1928 **Pérébaskine (Victor)**, Dr ès sc., Ing.-Géologue, 13, r. des Capins, Saint-Gaudens (Haute-Garonne).
- 1946 **Permingeat (François)**, Ing.-Géologue, Serv. géol. du Maroc, Rabat (Maroc).
- 1913 *** Perret (Robert)**, Dr ès sc., 7, r. Lamennais, Paris, VIII.
- 1938 **Perrin (René)**, Ing. au Corps des Mines, Directeur gén. des Acié-ries électriques d'Ugine, 10, av. du Général-Foy, Paris, VIII.
- 1941 **Perrin (Yves)**, Ing. des Mines, 124, r. du Dragon, Marseille (Bouches-du-Rhône).
- 1938 **Perruche (Général André)**, 9, r. Jean-Ferrandi, Paris, VI.
- 1943 **Philippot (André)**, Assistant de Géol. à la Fac. des Sc., Inst. de Géol., r. du Thabor, Rennes (Ille-et-Vilaine).
- 1946 **Piazza (Jacques)**, Agent général des Éditions S. L. E. P., 14, r. Washington, Paris, VIII.
- 1926 **Picard (Dr Léo)**, Maître de Conférences, Depart. of Geol., Hebrew University, Jérusalem (Palestine).
- 1945 **Pierre (Franklin)**, 4, square de la Mayenne, Paris, XVII.
- 1943 **Pierre (Marie-Madeleine)**, Professeur, 23, r. du Sommerard, Paris, V,

- 1926 **Pietresson de Saint-Aubin (Jacques)**, Avocat à Troyes (Aube).
- 1946 **Pimienta (Jean)**, Géologue au Serv. des Mines de Tunisie, Tunis (Tunisie).
- 1910 **Pinard (Albert)**, Lion-sur-Mer (Calvados).
- 1943 **Pinchemel (Philippe)**, Assistant à la Fac. des Lettres de Lille, 5, r. Mazagran, Amiens (Somme).
- 1910 * **Pitaval (R.)**, Ing. civil des Mines, 86, r. Cardinet, Paris, XVII.
- 1922 **Piveteau (Jean)**, Dr ès sc., Professeur de Paléont. à la Fac. des Sc., 12, r. Roli, Paris, XIV [Tél. Gob. 14-21].
- 1944 **Plouin (François)**, Ing. des Arts et Man., 112, av. de Versailles, Paris, XVI.
- 1946 **Poctey (Nicole)**, Lic. ès sc., dipl. d'Ét. sup., 191, r. de l'Université, Paris, VII.
- 1913 **Poirée (E.)**, Dr en méd., Médecin-Colonel en retraite, Villa Victoria, 62, bd de Cimiez, Nice (Alpes-Mar.).
- 1934 **Pol (Alain-Robert-Henri)**, 53, r. de Lille, Paris, VII.
- 1939 **Poldini (Édouard)**, Ing., Dr ès sc., Professeur de géophysique à l'Univ., 4, r. Louis-Curval, Genève (Suisse).
- 1930 * **Pomeyrol (R.)**, Géologue, Société nationale des Pétroles d'Aquitaine, Alan (Haute-Garonne).
- 1945 **Proix-Noé (M^{me} Marthe)**, Assistante à l'Inst. d'Hydrologie, 61, r. de Buffon, Paris, V.
- 1912 * **Pruvost (Pierre)**, Professeur de Géol. et de Min. à la Fac. des Sc., 23, av. Émile-Zola, Lille (Nord) et 5, place du Panthéon, Paris, V.
- 1938 **Pruvot (Pierre)**, 12, r. de Fontenay, Sceaux (Seine).
- 1944 **Puget (Raoul-Louis)**, Insp. hon. de la S. N. C. F., 62, av. de Celle-Saint-Cloud, Vaucresson (Seine).
- 1903 **Puzenat (Léon)**, Ing.-Civil, Géologue du Serv. des Mines, Marrakech-Guéliz (Maroc).
- 1939 **Radzitzky d'Ostrowick (Baron Ivan de)**, Conservateur à l'Univ., Inst. de Géol., Univ. de Liège (Belgique).
- 1925 **Raguin (Eugène)**, Ing. en Chef des Mines, Professeur à l'Éc. nat. supér. des Mines, Directeur du Serv. de la Carte géol. de France, 16, r. Bertron, Sceaux (Seine) [Tél. 16-11].
- 1926 **Ramière de Fortanier (Emmanuel)**, Carbonégado, par Laurabuc (Aude).
- 1941 **Ranson (Gilbert)**, Sous-directeur du Lab. de Malacologie du Muséum nat. d'H. N., 53, r. de Buffon, Paris, V.
- 1946 **Rat (Pierre)**, Lic. ès sc., 100, av. de la République, Paris, XI.
- 1946 **Raulais (Maurice)**, Géologue contractuel de l'A. O. F., Direction des Mines, Dakar (A. O. F.).
- 1938 **Rech Frollo (M^{me} M. M.)**, Préparatrice au Lab. de Géol. de l'Institut Catholique, 31, r. de la Fonderie, Toulouse (Haute-Garonne).
- 1934 **Réformatsky (Nicolas)**, Professeur de Géol., Calle Ayacucho, 60, Merida (Venezuela).
- 1944 **Regard (Marcel)**, Ing. au Corps des Mines, 41, r. Merlin-de-Thionville, Suresnes (Seine).
- 1944 **Régie Autonome des Pétroles**, 27, r. de la République, Saint-Gaudens (Haute-Garonne).
- 1926 **Rémond (Robert)**, Avoué, 14, r. Chifflet, Besançon (Doubs).

- 1930 **Renaud (M^{lle} A.)**, Dr. ès sc., Chef de trav. de Géol. à la Fac. des Sc., Institut de Géol., r. du Thabor, Rennes (Ille-et-Vilaine).
- 1933 **Renaud (Albert-Émile-Eugène)**, Ing. en Chef des P. et Ch., Secrétariat gén. du Cons. sup. d'Électricité, 30, av. Marceau, Paris, XVI.
- 1927 [A] **Rénier (Armand)**, Ing. en Chef au Corps des Mines, Chef du Serv. géol. de Belgique, 110, av. de l'Armée, Bruxelles (Belgique).
- 1944 **Revert (E.)**, Professeur de lycée, 10, r. du Fossé, Maisons-Lafitte (S.-et-O.).
- 1946 **Rey (Abbé Roger)**, Professeur au Petit-Séminaire, Saint-Flour (Cantal).
- 1936 **Reymond (André-François-Louis)**, Naturaliste, 2, r. de Tournon, Paris, VI.
- 1943 **Reyre (Dominique)**, Lic. ès sc., 61, av. Victor-Hugo, Paris, XVI.
- 1934 **Richard (M^{lle} Marguerite)**, Adjointe au Chef du Bureau des Ét. Scient., Serv. de la Colonisation et de l'Hydraulique, 133, r. Michelet, Alger (Algérie).
- 1942 **Ricour (Jean)**, Lic. ès sc., 37, bd Saint-Germain, Paris, V.
- 1943 **Rios Garcia (José Maria)**, Professor de la Escuela de Minas, Serano 54, Madrid (Espagne).
- 1937 **Ripotot (Pierre A. J.)**, Aide-Conservateur au Musée, La Prise d'Eau, Dôle (Jura).
- 1943 **Ritter (Maurice)**, Étudiant, 61, r. d'Amsterdam, Paris, IX.
- 1927 * **Rivière (A.)**, Maître de Conférences à la Fac. des Sc. (S. P. C. N.), Lab. de Géol. de l'Éc. norm. sup., 43, r. d'Ulm, Paris, V.
- 1929 **Robaux (Albert)**, Lic. ès sc., Ing.-Géologue, Serv. des Mines de Rabat (Maroc).
- 1946 **Robert (Jean)**, Directeur des Finances du Protectorat, Rabat (Maroc).
- 1921 **Roch (Édouard)**, Dr ès Sc., Chef de Travaux à la Fac. des Sc., Lab. de Géol., 1, r. Victor-Cousin, Paris, V.
- 1938 **Roederer (Joseph)**, Ing. civil des Mines, 3, r. Jean-Longuet, Châtenay-Malabry (Seine).
- 1941 **Roehrich (Christian-Albert-Georges)**, 19, r. Angot, Bourg-la-Reine (Seine).
- 1938 **Roger (Jean)**, Dr ès sc., Sous-directeur du Lab. de Pal. du Muséum nat. d'H. N., 5, place Valhubert, Paris, V.
- 1943 **Rolley (René)**, Ing. du Génie Rural, 2, chemin Saint-Charles, Nice (Alpes-Maritimes).
- 1942 **Romanovsky (Usevold)**, Lic. ès sc., 5, r. G. Delavenne, Paris, VII.
- 1943 **Ropars (Georgette)**, Géologue à la Ci^e Française des Pétroles, 121, bd de Port-Royal, Paris, XIV.
- 1921 * **Roquefort (Camille)**, 33, faub. Saint-Jaumes, Montpellier (Hérault).
- 1933 **Roques (Maurice)**, Chef de Travaux de Géol. à la Fac. des Sc., 4, r. Beaumarchais, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
- 1940 **Rosas da Silva (Domingos)**, Professeur de Min. et de Pétrogr., Directeur du Musée et Labor. Min. de l'Univ. de Porto (Portugal).
- 1938 **Roseau (Henri)**, Professeur à l'Inst. agricole d'Algérie, 103, r. Michelet, Alger (Algérie).
- 1930 **Rothé (Jean)**, Professeur à la Fac. des Sc., Inst. de physique du Globe, 38, bd d'Anvers, Strasbourg (Bas-Rhin).
- 1927 **Roubault (M.)**, Agr. de l'Univ., Dr ès Sc., Éc. sup. de Géol. de Nancy (Meurthe-et-Moselle).

- 1946 **Rouire (Jacques)**, r. du Champ-du-Prieur, Millau (Aveyron).
 1938 **Rouquié (M^{lle} Marie)**, Professeur, 14, r. de la Boucherie, Douai (Nord).
 1941 **Routhier (Pierre)**, Chef de la Mission Géol. de l'Off. de la Rech. Sc. Col., Nouméa (Nouvelle-Calédonie).
 1938 **Roux (Jean-Marie)**, 2, bd Beaumarchais, Paris, XI.
 1898 * **Rouyer (Camilie)**, Dr en dr., ancien avoué, 3, r. Caumartin, Chalon-s.-Saône (Saône-et-Loire).
 1924 **Royer (Louis)**, Professeur de Min. à la Fac. des Sc. d'Alger (Algérie).
 1925 * **Royo y Gomez (José)**, Dr ès sc., Professeur au Mus. Nat. de Sc. Nat., Géol. Pal. au Serv. Géol., Apartado aéro 4225, Bogota (Colombie).
 1942 **Rudel (Aimé)**, Répétiteur au Lycée de Tulle, Mézel (Puy-de-Dôme).
 1932 **Ruellan (Francis)**, Dr ès sc., Professeur à la Fac. Nat. de Philosophie, 186, Praia do Flamengo, Rio de Janeiro (Brésil).
 1946 **Ruiz de Gaona (R. P. Maximo)**, Colegio de Padres Escolapios, Tolosa (Guipuzcoa, Espagne).
 1931 **Runner (Jean-Marie-Léon)**, Ingénieur, 7, r. Vineuse, Paris, XVI.
 1946 **Runz (Jean-Charles de)**, Ing. des Arts et Man., Soc. Min. d'Ét. tech., B. P. 498, Casablanca (Maroc).
 1935 **Ruppe (Louis)**, Chirurgien Dentiste, 99, bd Haussmann, Paris, VIII [Tél. Anj. 25-53].
 1916 **Russo (P.)**, Dr en méd., Dr ès sc., Saint-Bonnet-de-Joux (Saône-et-Loire).
 1927 **Russo (M^{me} Léonie)**, Saint-Bonnet-de-Joux (Saône-et-Loire).
 1938 * **Rutsch (R.)**, Dr ès sc., Melchenbühlweg, 75, Berne (Suisse).
 1942 **Sagatzki (Jean)**, Ing.-Géologue, Dir. des Mines de l'A. O. F., Dakar (A. O. F.).
 1946 **Saget (Suzanne)**, Géologue au Serv. des Mines de Tunisie, Tunis (Tunisie).
 1931 **Saint-Julien (François de)**, Ing. civil des Mines, Chambéon par Montbrison (Loire).
 1946 **Saint-Martin (Léon)**, Élève-ing. des Pétroles, Castelnau-Magnoac (Hautes-Pyrénées).
 1945 **Saint-Seine (Roseline de)**, Assistante de Géol. à la Fac. des Sc. de Poitiers (Vienne).
 1945 **Salaün (M^{me} Sylvie)**, Lic. ès sc., 113, bd Saint-Michel, Paris, V.
 1934 **Saldanha Oliveira e Souza (Luiz de)**, Ing. des Mines et Assistant de Min. à l'Inst. sup. technique de Lisbonne, rua Eugénio dos Santos, n° 114, Lisbonne (Portugal).
 1913 **Sallèles (Antoine)**, Lic. ès sc., 5, pl. de la Révolution, Béziers (Hérault).
 1942 **Samain (Hilaire)**, Ing., 74, r. des Saints-Pères, Paris, VI, et Ribecourt (Oise).
 1919 **Sambucy de Sorgue (Marc de)**, au Grand Mas, par Saint-Étienne-du-Grès (B.-du-Rh.).
 1945 **Sander (Nestor John)**, B. A., M. A. in Paleont., Arabian American Co, Daharan (Arabie).
 1913 **San Miguel de la Cámara**, Professeur à l'Univ., Instituto « Lucas Mallada », Serrano, 110, Madrid (Espagne).
 1946 **Santos Pereira (Judite dos)**, Dr ès sc., Assistante au Lab. de Minér. et de Géol. de la Fac. des Sc. de Porto (Portugal).

- 1930 **Saulze (Fortuné)**, Ingénieur, 50, r. de Paris, Bort (Corrèze).
- 1931 **Saurin (Edmond)**, Attaché au Serv. géol. de l'Indochine, 29, r. du Maréchal-Foch, Aix-en-Provence (Bouches-du-Rhône).
- 1946 **Sautter (Gilles)**, 2, r. de la Pépinière, Bourg-la-Reine (Seine).
- 1946 **Sauvage (Eugène)**, Industriel, 73, bd Anatole-France, Le Mans (Sarthe).
- 1933 **Savornin (André)**, Ing. au Corps des Mines, 24, r. d'Armenonville, Neuilly-sur-Seine (Seine).
- 1931 **Schenck (Hubert G.)**, Professeur de Pal., Stanford University, Stanford (Calif., E. U. A.).
- 1944 **Schijfsma (Ernest)**, Géologue-Micropaléontologiste S. E. R. E. P. T., 2, r. Barca, Tunis (Tunisie).
- 1921 * **Schlumberger (Robert-Adolphe)**, Ing.-Géologue, 4, av. Hoche Paris, VIII.
- 1928 * **Schneegans (Daniel)**, Dr ès sc., Chef du Dép. géol. de l'Inst. du Pétrole, 1 ter, r. Champflour, Marly-le-Roi (S.-et-O.).
- 1943 **Schneider (Émile)**, Ing. en chef des Mines, 8, place du Roi-Georges, Metz (Moselle).
- 1924 [P] **Schneider et Cie**, 42, r. d'Anjou, Paris, VIII.
- 1939 **Schœffler (Jacques)**, Ing. civil des Mines, Compagnie française des Pétroles, 11, r. du Docteur-Lancereaux, Paris, VIII.
- 1922 **Schœller (Henri)**, Dr. ès sc., Assistant de Géol. à la Fac. des Sc., 5, r. Louis-Maydieu, Caudéran (Gironde).
- 1938 **Schrøder**, Central Strat. Lab. of Socony Vacuum Oil Co of Colombia, Apartado aereo 4034, Bogota (Colombie).
- 1945 **Scriban (René)**, Assistant à la Fac. des Sc., 23, r. Jules-Gosselet, Lille (Nord).
- 1931 **Segaud (E.)**, Ing. des Mines, 2, Square du Tintoret, Bois-Colombes (Seine).
- 1944 **Seltenmeyer (Jean-Georges)**, Ing. des Trav. Publ., 3, r. Caumartin, Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).
- 1935 **Senn (Alfred)**, Dr ès sc., Hasenrain, 37, Binningen-Basel (Suisse).
- 1943 **Sermet (Jean-Alexandre)**, Directeur du Cabinet du Préfet, 7, r. Paul-Bert, Toulouse (Haute-Garonne).
- 1933 **Service de la Carte Géologique du Luxembourg**, c/o M. l'Ingénieur en Chef des Travaux Publics, 38, bd de la Foire, Luxembourg.
- 1921 [P] **Service des Mines** de la Direction générale des Travaux publics du Maroc, à Rabat (Maroc).
- 1927 **Service des Mines de Madagascar**, Tananarive (Madagascar).
- 1934 **Service des Mines du Gouvernement gén. de l'A. O. F.**, Dakar (Sénégal).
- 1927 **Service géologique de l'Indochine**, Hanoi (Tonkin).
- 1946 **Service Géologique du Maroc**, Division des Mines, Rabat (Maroc).
- 1928 **Service géologique de Pologne**, 4, ul. Rakowiecka, Varsovie (Pologne).
- 1882 **Service géologique du Portugal**, rua da Academia das Ciencias, Lisbonne (Portugal).
- 1930 **Servier-Crouzat (Léon-Xavier)**, anc. élève de l'École Polytechnique, 31, r. de Moscou, Paris, VIII.
- 1940 **Sevensma (Pierre)**, 162, Rijnsburgerweg, Leiden (Pays-Bas).
- 1945 **Sigal (Jacques)**, Lic. ès sc., Ing. E. N. S. P. à l'Institut du Pétrole, 33, r. de Montreuil, Vincennes (Seine).

- 1920 * **Smith (Ernest R.)**, Professeur de Géol., Univ. de Pauw, Greencastle (Indiana, E.-U. A.).
- 1944 **Société Amicale des Géologues Amateurs**, 59, av. des Champs-Élysées, Le Perreux (Seine).
- 1924 [P] **Société anonyme de Commentry-Fourchambault et Decazeville**, 84, r. de Lille, Paris, VII.
- 1924 [P] **Société anonyme des Aciéries de France**, 19, rue de la Rochefoucauld, Paris, IX [Tél. Trinité 71-25 à 71-29, 89-10-89-11].
- 1921 [P] **Société anonyme des Hauts-Fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson**, Service des Mines, place Camille-Cavallier, Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- 1879 [P] **Société anonyme des Houillères de Bessèges à Bessèges** (Gard).
- 1924 [P] **Société anonyme des Houillères de la Haute-Loire**, Grosménil, par Sainte-Florine (Haute-Loire).
- 1924 [P] **Société anonyme des Houillères de Montrambert et de la Béraudière**, 1, r. Balzac, Saint-Étienne (Loire).
- 1924 [P] **Société anonyme des Houillères de Rochebelle à Alès** (Gard).
- 1924 [P] **Société anonyme des Houillères de Saint-Étienne** (Loire).
- 1924 [P] **Société anonyme des Mines d'Albi** (Tarn).
- 1924 [P] **Société anonyme des Mines de Houille de Blanzay**, Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- 1924 [P] **Société anonyme des Mines de Kali-Sainte-Thérèse**, 1, r. des Fabriques, Mulhouse (Haut-Rhin).
- 1926 [P] **Société anonyme des Mines de Saint-Remy-s.-Orne** (Calvados).
- 1924 [P] **Société anonyme des Mines et Fonderies de Pontgibaud**, 4, r. Téhéran, Paris, VIII.
- 1946 **Société Anonyme des Mines et Fonderies de Zinc de la Vieille Montagne**, 19, r. Richer, Paris, IX.
- 1936 **Société anonyme des Mines et Usines de Salsigne**, 109, bd Péreire, Paris, XVII.
- 1924 [P] **Société anonyme des Salines de Franche-Comté**, 20, av. Carnot, Besançon (Doubs).
- 1931 **Société auxiliaire de distribution d'eau**, 8, r. de la Gare, Saint-André-lès-Lille (Nord).
- 1936 **Société Chérifienne des Pétroles**, Boîte Postale 79, Rabat (Maroc).
- 1943 **Société de Carbonisation et Charbons actifs**, 50 bis, r. de Lisbonne, Paris, VIII.
- 1919 [P] **Société de St-Gobain, Chauny et Cirey** (M. le Dir. gén. des Usines de Produits Chim. de la), 1, place des Saussaies, Paris, VIII.
- 1924 [P] **Société des Hauts Fourneaux de Rouen**, 19, r. de la Rochefoucauld, Paris, IX.
- 1924 [P] **Société des Mines de Carmaux**, 21, r. de la Ville-l'Évêque, Paris, VIII.
- 1924 [P] **Société des Mines de Dourges à Hénu-Liétard** (Pas-de-Calais).
- 1924 [P] **Société des Mines de la Loire à Saint-Étienne** (Loire).
- 1924 [P] **Société des Mines de Lens à Meurchin** (Pas-de-Calais).
- 1931 **Société d'Étude des Sciences Naturelles de Reims**, 15, r. Chanzy, Reims (Marne).
- 1944 **Société d'Études et d'Exploration minière (S. E. T. E. M.)**, 20, r. de l'Arcade, Paris, VIII.
- 1931 **Société d'Histoire Naturelle de Savoie**, Chambéry (Savoie).
- 1944 **Société d'Histoire Naturelle et de Mycologie de Mâcon**, Hôtel de Ville, Mâcon (Saône-et-Loire).
- 1946 **Société des Mines de Bondigot**, Dax (Landes).

- 1946 **Société Française des Mines de Sentein**, 28 *bis*, r. du Japon, Toulouse (Haute-Garonne).
- 1924 [P] **Société Houillère de Liévin** (Pas-de-Calais).
- 1924 [P] **Société Houillère de Sarre et Moselle**, à Carling (Moselle).
- 1946 **Société Minière de Bou Azzer**, 81, bd Jean-Courtin, Casablanca (Maroc).
- 1946 **Société Minière des Gundafa**, 51 *bis*, r. Sainte-Anne, Paris, II.
- 1924 [P] **Société minière et métallurgique de Peñarroya**, 12, pl. Vendôme, Paris, I.
- 1946 **Société Minière Intercoloniale**, 51 *bis*, r. Sainte-Anne, Paris, II.
- 1942 **Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine**, 15, r. Laganne, Toulouse (Haute-Garonne).
- 1924 [P] **Société nouvelle des Charbonnages des Bouches-du-Rhône**, 35, r. Saint-Dominique, Paris, VII.
- 1921 [P] **Société pétrolifère de Recherches et d'Exploitations**, 50, r. de Lisbonne, Paris, VIII.
- 1946 **Société Sidi Bou-Aouane**, 35, r. Saint-Dominique, Paris, VII.
- 1944 **Solé Sabaris (Luis)**, Professeur de Géol. à l'Univ. de Barcelone (Espagne).
- 1939 **Sornay (Jacques)**, 25, r. Pierre-Nicole, Paris, V.
- 1929 **Sousa Torrès (Antonio da Silva)**, Lic. ès sc., Naturaliste du Musée min. et géol. de l'Univ., Rua Campolide, n° 743 a, Lisbonne (Portugal).
- 1921 **Soyer (Robert)**, Assistant de Géol. au Muséum nat. d'H. N., 37, r. Jacques-Kablé, Nogent-sur-Marne (Seine) [Tél. Gob. 36-02].
- 1899 **Spiess**, Chef de Bataillon du Génie en retr., 34, av. d'Italie, Clermont-Ferrand (P.-de-D.).
- 1921 * **Stamp (L. Dudley)**, Dr ès sc., Professor, London School of Economics, Houghton street, Aldwych, Londres, W. C. 2 (Gr.-Bret.).
- 1902 [P] **Station viticole de Villefranche-s-Saône (Rhône)** (V. Vermorel).
- 1927 **Staub (Rudolf)**, Lab. de Géologie, Meilen, canton de Zurich (Suisse).
- 1928 **Stchepinsky (Vladimir)**, Ing.-Docteur, Diplômé E. N. S. P., attaché de rech. C. N. R. S., coll. Serv. Carte géol., 3, r. d'Alsace, Marival par Saint-Dizier (Haute-Marne).
- 1946 [A] **Stensjö (Erick H. O.)**, Mus. Paléozool., Stockholm 50 (Suède).
- 1914 * **Stévenin (André)**, Ing. des Mines, Société anonyme du port de Rosario-de-Santa-Fé (Rép. Argentine).
- 1928 * **Stočas (Bohuslav)**, Professeur de Géol. à l'École supér. des Mines, Ceskobrotorskà, 20, Ostrava (Tchécoslovaquie).
- 1946 **Stretta (Étienne)**, Ing.-Géol., Direction des Mines, Rabat (Maroc).
- 1942 **Swynghedauw (Raymond)**, Dr en méd., 70, bd. Raymond-Poincaré, Béthune (Pas-de-Calais).
- 1913 **Taber (Dr Stephen)**, Professeur de Géol. à l'Univ. de la Caroline du Sud, Columbia (S. Car., E.-U. A.).
- 1939 **Tailliez-Périer (M^{me} J. J.)**, Lic. ès sc., D. E. S., 49 *bis*, r. du Calvaire, Saint-Cloud (Seine).
- 1930 **Talobre (Joseph)**, Ingénieur., 30, r. d'Astorg, Paris, VIII.
- 1944 **Taltasse (Pierre)**, Ing.-Géol., Service des Mines, Rabat (Maroc).
- 1946 **Tavernier (A.-P.)**, Professeur de Géol. à l'Univ. de Gand, 17, r. Paul-Frédéric, Gand (Belgique).
- 1943 **Taxil (André)**, Pharmacien, Salernes (Var).
- 1936 **Taxy-Fabre (M^{me} Suzanne)**, Dr ès sc., Chargée de Conférences à la Fac. des Sc., pl. Victor-Hugo, Marseille (Bouches-du-Rhône).

- 1938 **Teichert (Curt)**, Professeur de Géol. à l'Univ. de Melbourne, Victoria N3 (Australie).
- 1912 * **Teilhard de Chardin (Abbé Pierre)**, Dr ès sc., Professeur de Géol. à l'Inst. catholique, « Les Études », 15, r. Monsieur, Paris, VII.
- 1923 **Teissier du Cros (Henri)**, Ing. civil des Mines, Mandiargues par Saint-Hippolyte-du-Fort (Gard).
- 1940 **Teixeira (Carlos)**, Dr ès sc., Chargé de cours, Coll. au Serv. Géol., Labor. Min. et Géol. de l'Univ. de Lisbonne (Portugal).
- 1944 **Ten Dam (Ab)**, Dr en Géol., Serv. des Rech. Min., Section Pétrole, Boîte Postale 72, Relizane (départ. d'Oran, Algérie).
- 1937 **Tercier (Jean)**, Professeur, Directeur de l'Inst. géol. de Fribourg (Suisse).
- 1922 **Termier (Henri)**, Dr ès sc., Professeur de Géol. à l'Univ. d'Alger (Algérie).
- 1936 * **Termier Delpéy (M^{me} Geneviève)**, Fac. des Sc., Alger (Algérie).
- 1944 **Texier (Madeleine)**, Géologue à la S. N. P. A., 7, r. Saint-Pierre, Dax (Landes).
- 1946 **Thadeu (Decio Secueira)**, r. Sousa-Martins, 12-4°, Lisbonne (Portugal).
- 1928 **Thalmann (Dr Hans E.)**, Géologue et Paléontologiste, Stettlen, Berne (Suisse).
- 1930 **Théobald (Nicolas)**, Inspecteur d'Académie, 9, r. de la Victoire, Obernai (Bas-Rhin).
- 1946 **Thiébaud (Charles-Émile)**, The Carribéam Petroleum Co, Apartado 809, Caracas (Venezuela).
- 1927 **Thirion (Charles)**, 27, r. Grandville, Nancy (M.-et-M.).
- 1928 **Thoral (Marcel)**, Professeur de Géol. à la Fac. des Sc., 16, quai Claude-Bernard, Lyon VII (Rhône).
- 1942 **Thurin (Raymond)**, Professeur, ancien élève A. M., I. E. G., E. T. P., 24, bd Rochechouart, Paris, XVIII.
- 1942 **Tilloy (Robert)**, Ing.-Géologue, Bureau de Recherches et Participations minières, 33, r. de la République, Rabat (Maroc).
- 1939 **Tintant (Henri)**, Assistant de Géol. à la Fac. des Sc. de Dijon (Côte-d'Or).
- 1934 **Tiraspolsky (Vladimir)**, Ing. civil des Mines, 29, r. du Pavillon, Boulogne-sur-Seine (Seine).
- 1944 **Tricart (Jean-Léon-François)**, Agr., Assistant à l'Inst. de Géographie de la Fac. des Lettres, 6, r. Renaud, Montmorency (S.-et-O.).
- 1928 **Urbain (Pierre)**, Inst. fr. Ernest-Denis, Stepanzka Ul, 35, Prague 2 (Tchécoslovaquie).
- 1944 **Utruy (Henri d')**, Gérant de l'Entreprise Brochot et C^{ie}, 69, r. Rochechouart, Paris, IX.
- 1946 **Valensi (Lionel)**, Professeur agr. au Lycée de Poitiers (Vienne).
- 1944 **Van Bellen (R. C.)**, Paléontologiste, Syria Petroleum Co, Alep (Liban).
- 1931 **Van Leckwijck (William)**, Ing. civil des Mines, 11, quai Louva, Ougrée (Belgique).
- 1930 **Van Massenhove (Henri)**, Ing. civil des Mines, Villa Es-Souma, 18, r. Luciani, El Biar-Alger (Algérie).

- 1917 **Van Straelen (Victor)**, Dr ès sc., Directeur du Mus. Royal d'H. Nat. de Belgique, 7, av. Géo Bernier, Bruxelles (Belgique).
- 1944 **Van Voorthuysen (J. H.)**, Géologue-Malacologiste au Geologische Stichting, Spaarne 17, Haarlem (Pays-Bas).
- 1937 **Vardabasso (Silvio)**, Professeur, Directeur de l'Istituto geol., Università, Cagliari (Italie).
- 1929 **Vaslin**, Pharmacien, bd Victor-Hugo, Saint-Jean-de-Luz (Basses-Pyrénées).
- 1943 **Vassal (Louis)**, Dr en méd., 12, bd Gambetta, Charleville (Ardennes).
- 1946 **Vasseur (Louis-Edmond)**, Professeur à Bingerville (A. O. F.).
- 1932 **Vatan (André)**, Lic. ès sc., 33, chemin de Jaffary, Toulouse (Haute-Garonne).
- 1927 **Vaufrey (R.)**, Professeur à l'Institut de Pal. humaine, 1, r. René-Panhard, Paris, XIII. [Tél. Gob. 62-91].
- 1930 **Vautrin (Henri)**, Ing. civil des Mines, Compagnie française des Pétroles, 11, r. du Docteur-Lancereaux, Paris, VIII.
- 1936 **Vergnes (Louis de)**, Ing., 9, r. Portalis, Paris, VIII.
- 1936 * **Verniory (René)**, 15, chemin du Vallon, Chêne-Bougeries, Genève (Suisse).
- 1945 **Verrière-Breil (M^{me} Annette)**, Lic. ès sc., 28 bis, r. Daubenton, Paris, V.
- 1920 **Vésignié (Louis)**, Col. d'Art. en retraite, Château de Gâche par Buzet-sur-Baïse (Lot-et-Garonne).
- 1946 **Vieira (Francine)**, Ligny-lès-Aire, par Fléchin (Pas-de-Calais).
- 1931 **Vieira (Henriques)**, Ing. des Mines, Serv. de Geol. e Min., Luanda (Angola).
- 1943 **Vieira de Oliveira (Henrique)**, Ing. des Mines, rua de Crasto 295, Nevrogilde, Porto (Portugal).
- 1944 **Vigneaux (Michel)**, Lic. ès sc., 48, r. de la Gare, Bordeaux Gironde).
- 1945 **Villalta Comella (F. de)**, Lab. de Géol. de l'Univ. de Barcelone (Espagne).
- 1943 **Villeneuve (André-Louis)**, Lab. de Min. du Muséum nat. d'H. N. 61, r. de Buffon, Paris, V.
- 1945 **Villoutreys (Olivier de)**, Étudiant, 12, passage Grana, Monte-Carlo (Monaco).
- 1925 **Vincienne (H.)**, Chef des Travaux de Géol. appliquée à l'Éc. nat. supér. des Mines, 11, r. Delambre, Lagny (S.-et-M.) [Tél. Lagny 140].
- 1929 **Viret (J.)**, Dr ès sc., Chargé de Cours à la Fac. des Sc., 56, av. du Maréchal-Foch, Lyon (Rhône).
- 1944 **Visse (Léon)**, Assistant à la Fac. des Sc. (S. P. C. N.), 238, Grande-Rue, Draveil (S.-et-O.).
- 1943 **Wagnon (Henri)**, 79, av. Jean-Jaurès, Paris, XIX.
- 1912 **Watelin (Jacques)**, Dr ès sc., 127, r. de Longchamp, Paris, XVI.
- 1930 **Waterlot (Gérard)**, Chargé de cours à la Fac. des Sc. de Lille. 5, r. du Général-Mangin, Marcq-en-Baroeul (Nord).
- 1946 [A] **Watson (D. M. S.)**, Professeur à l'Univ. de Londres, University College, Gower Street, Londres W. C. 1 (Gr.-Bret.).
- 1926 * **Weaver (Chass. E.)**, Professeur de Géol. et de Pal. à l'Université de Washington, Seattle 5 (Washington, E. U. A.).

- 1930 **Weber Schellenberg (A.)**, Ing. diplômé, Dr ès sc. nat., Géologue
3, Vogelsangstrasse, Zurich (Suisse).
- 1924 **Wegmann (C.-E.)**, Inst. de Géol., Fg de l'Hôpital, Neuchâtel
(Suisse).
- 1945 **Weil (René)**, Chef de Travaux au Lab. de Minér. de l'Univ., 1, r.
Blessig, Strasbourg (Bas-Rhin).
- 1924 * **Weisbord (Norman E.)**, 690 Ft Washington Avenue, New York
(E. U. A.).
- 1944 **Weiss (Jean)**, Ing. Directeur des Établissements Zumaglini, 56, av.
Émile-Zola, Romans (Drôme).
- 1946 **Wetzel (René)**, Géologue de l'E. N. S. P., Iraq Petroleum Co, Haïffa
(Palestine).
- 1946 **Winnock (Étienne)**, Lic. ès sc. et géol., élève à l'E. N. S. P.,
42, r. Saint-Antoine, Lens (Pas-de-Calais).
- 1939 **Wrigley (Arthur)**, 60, Pollards Hill South, Norbury, Londres SW.
16 (Gr.-Bret.).
- 1941 **Wyart (Jean)**, Maître de Conférences de Min. à la Fac. des Sc.,
Lab. de Min., 1, r. Victor-Cousin, Paris, V.
- 1938 **Zbyszewski (Georges)**, Lic. ès sc., Serv. Géol. r. da Academia das
Ciencias, Lisbonne (Portugal).
- 1941 **Zens (Jean)**, Étudiant, 9, r. Vézelay, Paris, VIII.
- 1933 **Zvereff (Roman)**, Lic. ès Sc., 16, r. Daubenton, Paris, V.
-

Liste des membres de la Société distribués géographiquement

EUROPE

France

Allier

Des Forest
Mines de Charrier
Mines de Montmins

Alpes-Maritimes

Agafonoff
Gerber
Parent
Poirée
Rolley

Ardèche

Colomb

Ardennes

Vassal

Ariège

Aureau
Azéma
Barbier (Y.)

Aube

Mantelet
Pietresson de Saint-Aubin

Aude

Courrière
Lemoine (M^{me} *)
Nadal
Ramière de Fortanier

Aveyron

Agalède
Rouire

Bas-Rhin

Baulig
Bibl. Univ. Strasbourg
Derville
Drosdorff
Dubois (M^{me} *)
Dubois (G.)
Firtion
Gillet
Grœtsch
Grauvel
Inst. Geol. Pal. Univ.
Strasbourg
Jarovoy
Pechelbronn
Rothé
Théobald
Weil

Basses-Pyrénées

Vaslin

Bouches-du-Rhône

Baja
Castellan
Catzigras (M^{lle} *)
Combaluzier
Corroy
Duboul (M^{lle} *)
Gence
Gouvernet
Gueirard (M^{lle} *)
Henry-Couannier
Mailles
Mongin (M^{lle} *)
Perrin (Y.)
Sambucy de Sorgue (de)
Saurin
Taxy-Fabre (M^{me} *)

Calvados

Avias
Bigot
Boit
Dangeard
Lab. Géol. Univ. Caen.
Lemaitre (M^{lle} *)
Michou

Cantal

Chouchet (M^{me} du)
Rey

Charentes Maritimes

Gillard
Laféteur

Cher

Bouillet-Roy (M^{me} *)

Corrèze

Margerie
Saulze

Corse

Antonini

Côte-d'Or

Bibl. Univ. Dijon
Biro
Ciry
Costaz
Joly (C. F.)
Tintant

Doubs

Bibl. Univ. de Besançon
Glangéaud
Rémond
Soc. des Salines de Franche-Comté

Drôme

Blanc
Boisse
Weiss

Eure

Mathieu (H.)

Gard

Bonnet (A.)
Brousse
Ec. technique des Mines
Faraud
Germa
Joly (R. de)
Livet
Mus. Nîmes
Soc. des Houillères de Bessèges
Teissier du Cros

Gironde

Bibl. Univ. Bordeaux.
Castex
Daguin
Magne
Nougarede
Schœller
Vigneaux

Haute-Garonne

Alibert (M^{lle} *)
Artière
Astre
Barbier (R.)
Bergounioux
Bibl. Univ. Toulouse
Bonnard
Bourret
Candel-Vila
Castex
Crouzel
Dauty-Lafitte (M^{me} *)
Debourle
Doubinger (M^{lle} *)
Durand (J.)
Durif
Emelianof
Kikoïne

Kulbicki
Mengaud
Michel (P.)
Pérébaskine
Pomeyrol
Rech-Frollo (M^{me})
R. A. P.
Sermet
Soc. Mines Sentein
S. N. P. A.
Vatan

Haute-Loire

Bout
Grandgeon
Soc. des Houillères de la
Haute-Loire

Haute-Marne

Gardet
Grépin
Guyot
Soc. Ét. des Sces nat. de
Reims
Stchepinsky

Hautes-Pyrénées

Saint-Martin

Haute-Saône

Blanchot
Garret

Haute-Savoie

Bibl. Ville d'Annecy
Bourdier
Decoux

Haut-Rhin

Chazan
Crave
Lagneau-Héranger (M^{mo})
Maïkovsky
Soc. des Mines de Kali
S^{te}-Thérèse

Haute-Vienne

Girault

Hérault

Bibl. Univ. Montpellier
Denizot
Dreyfuss (M.)
Genson
Gottis
Lab. Geol. Univ. Mont-
pellier
Mainguy
Ostrowsky
Roquefort
Sallèles

Ille-et-Vilaine

Berthois
Chauvel
Durand (M^{lle})
Giot
Inst. Geol. Rennes
Le Calvez (M^{lle})
Mémin (M^{me})
Milon
Philippot
Renault (M^{lle})

Indre

Bernet (H.)
Maître
Molle

Indre-et-Loire

Bochin
Cordier
Jourdain

Isère

Bibl. Univ. Grenoble
Blanchet
Breistroffer
Cie des Mines de La Mure
Corbier
Gazay
Gérard (M.)
Gignoux
Lory
Moret

Jura

Ripotot

Loire

Cie des Mines de Roche-
la-Molière et Firminy
Éc. Nat. Mines Saint-
Étienne
Estival
Letourneur
Neltner
Saint Julien (de)
Soc. des Houillères de
Montrambert
Soc. des Mines de la Loire

Loire-Inférieure

Cavet
Cottineau
Guilcher
Hourcq
Mus. Nantes

Loiret

Gilles

Lot

Crespelle

Lot-et-Garonne

Vésigné

Lozère

Balmelle
Blanquet de Rouville
Chauvet

Maine-et-Loire

Péneau

Manche

Coatmen

Mayenne

Buchot
Martel
Mus. Laval

Meurthe-et-Moselle

Claïsse
Colon (M^{lle})
Contaut
Éc. des Eaux et Forêts
Éc. Sup. Géol. Nancy.
Gérard
Godefroy
Goloubinow
Joly (H.)
Larcher
Mathieu
Maubeuge
Meunier (A.)
Millot
Roubault
Soc. de Pont-à-Mousson
Thirion

Moselle

Forges Hayange et
Moyeuvre
Schneider (E.)
Soc. Houillère de Sarre
et Moselle

Nord

Baeckeroot
Carpentier
Chaland
Cie des Mines d'Aniche
Cie des Mines d'Anzin
Cie des Mines de l'Escar-
pelle
Corsin
Defretin (M^{me})
Delépine
Dendal
Dollé
Dubar
Duparque
Ernst

Hallemans
Le Maître (M¹¹*)
Malle
Pruvost
Rouquié (M¹¹*)
Scriban
Soc. auxil. distr. d'eau
Waterlot

Orne

Onfray
Soc. Mines Saint-Rémy-
sur-Orne

Pas-de-Calais

Chartiez
Cie des Mines Béthune
Cie des Mines de Bruay
Cie des Mines de Cour-
rières
Debray
Meurisse
Pinard
Soc. des Mines de Dourges
» » de Lens
» Houillères de Liévin
Swinghedauw
Winnock

Puy-de-Dôme

Bibl. Univ. Clermont-
Ferrand
Delaunay
Gangloff
Garde
Jung
Michel (R.)
Roques
Rudel
Spiess

Pyrénées-Orientales

Deffontaines
Janet

Rhône

Allix
Doncieux
Flamand
Hirtz
Inst. Géol. Univ. Lyon
Longchambon
Louis
Mazenot
Mouterde
Station viticole de Ville-
franche
Thoral
Viret

Saône-et-Loire

Russo
Russo (M¹¹*)

Soc. Houillères de Blanzay
Soc. Hist. Nat. Mâcon

Sarthe

Sauvage

Savoie

Collignon
Lemoine (E.)
Soc. d'Hist. nat. Savoie

Seine-et-Marne

Decary
Vincienne

Seine-et-Oise

Allorge
André
Brière (M¹¹*)
Butel
Canal
Courtzy
Destombes (P.P.)
Feugneur
Gaudin
Giret
Leroux
Loup
Massoubié
Musée Lorrez-le-Bocage
Pasturaud (M¹¹*)
Péreau
Revert
Schneegans
Tricart
Visse

Somme

Eriquet
Devillers
Pinchemel

Tarn

Lusinchi
Milhaud
Soc. Mines d'Albi

Tarn-et-Garonne

Cavaillé

Var

Drouillen
Ferraux
Georgeot
Taxil

Vaucluse

Bartésago
Musée Calvet

Vienne

Patte
Payard

Saint-Seine (M¹¹*) de)
Valensi

Vosges

Cie Min. des Vosges
Lanly

Yonne

Houdard

Belgique

Anthoine
Asselberghs
Bibl. de l'Éc. des Mines
de Mons
Brognon
Calembert
Denaeyer
Dorlodot
Dumon (P.)
Fourmarier
Inst. géol. Univ. Louvain
Labor. géol. Univ. Bruxel
les
Legraye
Leriche
Marlière
Michot
Radzitzky d'Ostravick
(de)
Rénier
Tavernier
Van Leckwijck
Van Straelen

Danemark

Koch
Madsen

Espagne

Ac. de Cienc. y Artes
Alastruc y Castillo
Bataller
Bauza-Rullan
Cat. Géol. Séville
Closas Miralles
Colom-Casanovas
Crusafont
Darder
Guérin Ventura
Inst. géol. Madrid
Lab. de géol. Univ. Gre-
nade
Llopis Llado
Marin y Bertran de Lis
Pastora
Rios Garcia
Ruiz da Gaona
San Miguel de la Camara
Solé Sabaris
Villalta Comella

Grande-Bretagne

Anglo Iranian Oil C^o
Bailey
Bennet
Cox (P. T.)
Davies
Davis
Elliot
Harrisson
Howarth
Imp. Coll. Sc. techn. de
Londres
Lib. Univ. Bristol
Lib. Acc. Dept Brit. Mus.
Stamp
Watson
Wrigley

Grèce

Mitzopoulos
Papastamatiou

Luxembourg

Serv. Carte géol.

Italie

Cecceioni
Crema
Desio
Fabiani
Gortani
Hermann
Ist. Geol. Florence
Ist. Geol. Padoue
Ist. Geol. Univ. Rome
Ist. Geol. Turin
Malatesta
Vardabasso

Monaco

Villoutreys (de)

Pays-Bas

Abendanon
Bataatsche Petroleum
Mij
Brouwer
Edelman
Geol. Lab. van Rijks
Univ. Gand

Gerth
Institut géol. Utrecht
Jongmans
Lafeber
Sevensma
Van Voorthuysen

Pologne

Bieda
Inst. géol. de Cracovie
Kozlowski
Ksiazkiewicz
Service géol. Pologne

Portugal

Andrade
Carmo Guaresma Vianna
Carrington da Costa
Castro e Solla
Feio
Ferreiro
Fleury
Inst sup. techn. Lisbonne
Junta. Mis. Geog. Lis-
bonne
Lab. Geol. Univ. Lis-
bonne
Machado e Costa
Medeiros (de)
Morais
Cerveira
Neiva Coteló
Rosas da Silva
Saldanha Oliveira e Sou-
za
Santos Pereira (M^{me} do)
Serv. géol. Portugal
Sousa Torrès
Teixeira
Thadeu
Vieira de Oliveira
Zbyszewski

Roumanie

Atanasiu
Filipescu
Ghika-Budesti
Ghitulesco
Inst. géol. Cluj

Jacob (D.)
Macovei

Suède

Backlund
Mueller-Carlson
Stensiö

Suisse

Amstutz
Bernet (E.)
Bersier
Bibl. Univ. de Bâle
Blumenthal
Bourquin
Burri
Buxtorf
Cadisch
Collet
Fisch
Gagnebin
Jaccard (F.)
Jaccard (L. J.)
Jeannet
Lombard (A.E.)
Lugeon
Mus. Bâle
Niggli
Oulianoff
Poldini
Rutsch
Schroeder
Senn
Staub
Tercier
Thalmann
Verniory
Weber-Schellenberger
Wegmann

Tchécoslovaquie

Andrusov
Dostal
Inst. géol. Brno
Inst. géol. Prague
Kettner
Koutek
Nemejc
Stoëcs
Urbán

AFRIQUE

Algérie

Aymé
Balcon
Bétier
Bibliothèque Univ. Alger
Bur. Et. scient. Serv.
Colonisation et Hy-
draulique
Cornet
Dalloni
Delarocbe
Deleau
Dubourdieu
Duplan
Ehrmann
Flandrin
Gautier
Gouskov
Guigue (M^{le})
Hilly
Jekhowsky
Lafitte
Lambert
Lossel
Mines Djebel Bou-Am-
rane
Monod (J.)
Musée Demaeght
Richard (M^{le}).
Roseau
Royer
Ten Dam (Ab.)
Termier (H.)
Termier (M^{me})
Van Massenhove

Maroc

Agard
Antoine
Bachelery

Bolelli
Bondon
Bouillot
Burger
Choubert (G.)
Colo
Despujols
Dubois (G.)
Ennouchi
Gigout
Houel
Institut scientifique ché-
rifien
Jacquemont
Jouravsky
Lavrentieff
Lévy-Levasseur
Marçais
Morin
Of. chérif. Phosphates
Owodenko
Permingeat
Puzenat
Robaux
Robert
Service des Mines
Service géol. Maroc
Soc. chérif. des Pétroles
Soc. Bou Azzer
Stretta
Tilloy
Taltasse

Tunisie

Bédé
Bellair
Berger
Berkaloff
Bibl. pub. Tunis
Castany

Delga
Direct. des T. P.
Dumon
Joly (F. G.)
Lombard (A.)
Pimienta
Saget (M^{le})
Schifisma

A. E. F.

Bergé
Blériot
Chochine

A. O. F.

Baud
Raulais
Service des Mines A.O.F.
Vasseur
Sagatski

Madagascar

Bancal
Besairie
Service des Mines Ma-
dagascar

Angola

Montenegro de Andrade
Mouta (F.)
Vieira (H.)

Egypte

Andrew
Heybrook

Sud-ouest africain

Mayne

Afrique australe

Du Toit

ASIE

Arabie

Sander

Iran

Asfia
Dehghan
Farchad
Goblot
Jullien (M^{me})

Irak

Henenson

Liban

Birembault
Dubertret
Dubertret (M^{me})
Khoury
Haas
Van Bellen

Palestine

Avnimelech
Damesin

Picard
Wetzel

Turquie

Egeran
M. T. A.
Kowenko
Mercier

Indes Anglaises

Dessau

Indochine

Serv. Géol. Indochine

AMÉRIQUE

AMÉRIQUE DU NORD

Canada

Gardner
Laverdière

États-Unis

Adkins
Anderson
Bailey-Willis
Barbour
Berkey
Berry
Billings
Brichaut
Bush
Caster
Chételat (de)
Claudet
Cox (B.B.)
Daly
Ellis
Emmons
Feldmeyer
Géol. surv. Alabama
Geol. Dep. California
Goldmann

Harris
Hawkins
Hawthurst
Hodson
Hodson (M^{me})
Johnson
Liddle
Ohio State Univ. Lib.
Olsson
Schenck
Smith
Taber
Weaver
Weisbord

Mexique

Aubert de la Rüe

AMÉRIQUE CENTRALE

Martinique

Dreyfuss (R.)

Antilles anglaises

Boutakoff

AMÉRIQUE DU SUD

Brésil

Barbosa
Brajnïkov
Lange
Mendizabal y Gortazar
O'Reilly Sternberg
Ruellan

Colombie

Royo y Gomez

Équateur

Hoffsteter

Guyane française

Choubert (B.)
Goupillaud (P. L.)

Rép. Argentine

Stévenin

Vénézuela

Lopez
Reformatsky
Thiébaud

OCÉANIE

Australie

Teichert

Nouvelle Zélande

Lillie
Marshall

Nouvelle Calédonie

Routhier

PRINCIPALES ABRÉVIATIONS

Adj.....	Adjoint.
Agr.....	Agrégé.
Anc.....	Ancien.
Arts et Man.....	Arts et manufactures.
Ch. de fer.....	Chemin de fer.
Coll. serv. Carte géol....	Collaborateur au service de la Carte géologique.
Dr en méd.....	Docteur en médecine.
Dr ès sc.....	Docteur ès sciences.
Ec.....	Ecole.
Fac. des Let.....	Faculté des Lettres.
Fac. des Sc.....	Faculté des Sciences.
Gén.....	Général.
Géogr. Phys.....	Géographie physique.
Géol.....	Géologie.
hon.....	honoraire.
Hydr.....	Hydrologie, hydrologique.
Ing.....	Ingénieur.
Insp.....	Inspecteur.
Inst.....	Institut.
Lab.....	Laboratoire.
Lic. ès sc.....	Licencié ès sciences.
Lic. en dr.....	Licencié en droit.
Min.....	Minéralogie.
Muséum nat. d'H. N.....	Muséum national d'Histoire Naturelle.
Pal.....	Paléontologie.
P. et Ch.....	Ponts et chaussées.
Univ.....	Université.
U. P.....	Université de Paris.

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

NOTES ET MÉMOIRES

1947

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

PROBLÈMES DE LA GÉOLOGIE DU LEVANT

PAR **L. Dubertret**¹.

PLANCHE I.

Pendant la guerre, ont été levées 10 feuilles géologiques au 1/50.000^e, couvrant une grande partie du Liban. A cette occasion, des problèmes que nous sentions plus ou moins confusément se sont précisés. Également l'étude d'un grand plan-relief au 1/50.000^e représentant le Liban, l'Anti-Liban et la bordure désertique à l'Est et peint aux couleurs géologiques classiques a contribué à éclaircir nos connaissances. Nous exposons ici quelques problèmes qui nous préoccupent à la suite de ces récents progrès [27, 28, 29].

Les indications d'âge et de faciès fournies par la paléontologie et la pétrographie sédimentaire sont susceptibles, par un travail de statistique, de nous révéler la paléogéographie du Levant pour les temps tertiaires, parce que le Tertiaire affleure sur de grandes étendues. Pour le Crétacé et surtout pour le Jurassique, les aires d'affleurement sont restreintes, limitées à la bordure méditerranéenne, en sorte que les considérations paléogéographiques sont gênées : des problèmes se posent.

On sent que la stratigraphie est influencée par une tectonique ancienne, difficile à saisir. Il semblerait que les grandes formes structurales actuelles étaient esquissées depuis longtemps : à quand remontent ces formes ? On est en droit aussi d'en rechercher la signification ou la cause, bien que sur ce plan une grande réserve s'impose.

DONNÉES STRUCTURALES.

Le trait tectonique dominant de la bordure montagneuse de la Méditerranée orientale est une grande cassure qui se détache du sillon de la Mer Morte au N du Lac Houlé et se poursuit, en direction presque méridienne, jusqu'à l'Anti-Taurus, sur 500 km de longueur. Elle se manifeste parfois par une faille simple,

1. Note présentée à la séance du 2 décembre 1946 et remise en juin 1947.

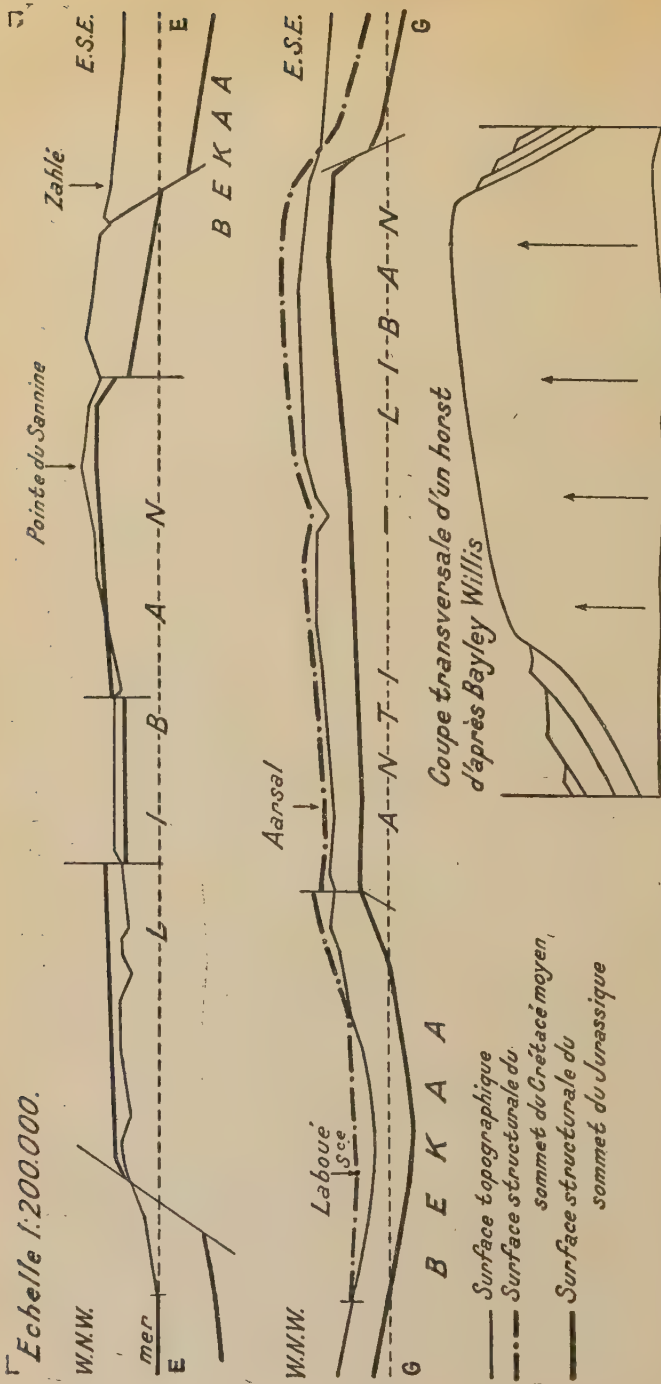


FIG. 1. — Coupes transversales types du Liban et de l'Anti-Liban. Les coupes transversales du Liban, un peu au N de Beyrouth (E-E, voir fig. 4) et de l'Anti-Liban, à la hauteur d'Aarsal (G-G), répondent à la définition donnée des horsts par Bayley Willis [13] : « Section of a horst — that is, a mass which is elevated by vertical forces and is bounded by normal faults that slope down toward the adjacent basins. A common occurrence outside of zones of superficial, horizontal pressure and presumably due to deepseated compression. »

souvent elle éclate en un faisceau de failles, ainsi à sa naissance au N du Lac Houlé et sur le pourtour du Lac d'Antioche.

Le long de cette cassure s'échelonnent des massifs montagneux et des fossés, allongés parallèlement aux failles. Les massifs sont puissants, de 150 à 200 km de long, d'une vingtaine de km de large; ils sont de structure tabulaire, leurs crêtes dessinent de longues lignes horizontales.

Les massifs diffèrent sensiblement les uns des autres, ils ont pourtant un style commun. Toujours, la région tectoniquement



FIG. 2. — Réseau de failles dans les environs de Beyrouth. Echelle 1/500.000*.
En pointillé, le Quaternaire.

haute est nettement séparée des régions basses voisines soit par des failles, soit par des flexures. Généralement, la faille se trouve à l'E : de là, les couches plongent doucement vers la mer, jusqu'à la flexure, où brusquement elles s'enfoncent et disparaissent sous des couches plus récentes, disposées à nouveau en légère pente vers la mer; à l'E de la faille, un fossé longe le massif (fig. 1).

Autre trait caractéristique de la bordure orientale de la Méditerranée : le nombre parfois extraordinaire de failles subordonnées. Ces montagnes, morcelées par des failles, pourraient être qualifiées de *massifs compartimentés*, terme équivalent au mot allemand *Schollengebirge*, plus pratique que les expressions *horst* et *fossé*, qui ont un sens trop précis (fig. 2).

APERÇU SUR LA STRUCTURE DE LA BARRIÈRE MONTAGNEUSE
LONGEANT LA MÉDITERRANÉE ORIENTALE.

A partir de l'Anti-Taurus vers le S se succèdent :

1° *L'Amanus*. — Il donne l'impression de constituer un arc qui se prolongerait dans la chaîne de Chypre. En fait, il se compose d'un long massif NNE-SSW, le Giaour Dagħ et, situé dans son prolongement, transversalement, selon la direction WSW-ENE du Kizil Dagħ. Les deux massifs reproduisent le profil transversal indiqué plus haut. — Le Giaour Dagħ fait face, à l'E, au fossé du Kara Sou et au delà, au plateau du Kurd Dagħ. Le Kizil Dagħ donne, au S, sur le fossé de l'Oronte inférieur. Ces deux fossés convergent sur la dépression du Lac d'Antioche, dite Amouk ; un troisième système de failles se détachent de cette plaine vers le S, le long de l'Oronte moyen (fig 3).

Le pays situé au S de l'Oronte inférieur et à l'W, de l'Oronte moyen, dans l'ensemble tabulaire, est très compliqué dans le détail ; il comprend le Koseir, le Djebel Akra, le Bassit et le Baër. Sa limite SE est tracée par une ligne NE-SW, passant par Lattaquié.

2° *Le Diebel Alaouite*, de 150 km de long, est le moins haut des massifs côtiers. Il est coupé en deux, en son milieu, par la faille transversale du Nahr Sinn.

La partie N répond au schéma structural classique : brusque montée des couches au-dessus des plaines côtières, région haute doucement inclinée vers la mer, grande faille d'un rejet de plus de 2.000 m, puis le fossé du Gharb ; au delà, le Djebel Zawiyé bord relevé du plateau inférieur. L'ensemble est orienté N-S.

La partie S, deux fois plus large que la précédente, est limitée à l'E par le prolongement de la faille séparant le Gharb du Djebel Zawiyé. C'est un monoclin à très faible pendage vers le SW, qui, à l'E, est directement opposé au bord redressé du plateau intérieur, avec un rejet de l'ordre de 500 m seulement. Au S, il s'enfonce sous les basaltes de la trouée Tripoli-Homs, jusqu'au pied du massif Libanais.

3° *Le système Liban-Békaa-Anti-Liban*. — Le Liban, l'Anti-Liban et le couloir intermédiaire de la Békaa constituent un système tectonique qui, pour bien être compris, doit être considéré dans son ensemble. Il est couché dans les directions NNE-SSW à NE-SW (fig. 4).

Des deux massifs, le *Liban* est le plus nettement défini. Comme le Djebel Alaouite, il est divisé, en son milieu, par un accident transversal ; mais celui-ci, infiniment plus compliqué que la faille du Nahr Sinn, se décompose en un écheveau inextricable de failles, dont il est difficile de dire lesquelles sont primordiales et lesquelles secondaires.

La partie N reproduit le schéma structural classique, mais l'exhaussement est plus prononcé que dans le Djebel Alaouite : le Cénomanien monte ici à 3.400 m. Le rejet de la flexure, à l'W, atteint 2.000 m, celui de la faille, à l'E, également.

La partie S est tectoniquement plus basse de 750 m : c'est ce rejet qui s'établit au moyen du système si compliqué de failles des alentours du parallèle de Beyrouth. Dans cette partie S, un trait nouveau apparaît : un puissant monoclinal s'élevant sur le bord E, bien au-dessus du restant du pays montagneux, et constituant la longue crête des Djebel Barouk et Djebel Niha. Pour comprendre ce monoclinal, il faut envisager simultanément les régions montagneuses situées à l'E du Liban, dans le prolongement de la Békaa et dans l'Hermon (v. pl. A, coupe FF).

COUPE. — De Saïda à Roum, le plateau côtier s'élève tout doucement vers la montagne ; le Nummulitique, le Crétacé supérieur et moyen se succèdent normalement. Vers Roum, le Crétacé moyen se redresse brusquement à la verticale, pour faire place au Jurassique. Aussitôt, celui-ci se plie jusqu'à plonger légèrement vers l'E. Ce pendage se maintient jusqu'au delà de Djezzine, puis les couches se replient en sens inverse, marquant un synclinal en V, dissymétrique, car elles montent en pente raide vers les crêtes du Djebel Niha (1.800 m). Au pied du versant opposé passe la grande faille, au niveau de la Békaa.

Au delà, s'étend un pays montagneux bas, qui, géographiquement, ne fait plus partie de la plaine de la Békaa, mais dont l'encaissement entre des massifs plus élevés est dû aux mêmes phénomènes qui ont provoqué la formation de la Békaa.

En le traversant, on rencontre d'abord, relevé au contact de la faille, un liseré de Crétacé, puis du Lutétien plissé, dessinant successivement un synclinal, un anticlinal et un synclinal en V ; à partir de celui-ci, une série monoclinale, relevée vers l'Hermon, monte petit à petit jusqu'au Jurassique moyen. Celui-ci est traversé par une faille parallèle à la faille orientale du Liban : la faille de Hasbaya¹. Au delà, le Jurassique moyen monte en forte pente jusqu'au sommet de l'Hermon ; puis un versant raide tombe sur la faille d'Arné-Zebedani, parallèle à celle de Hasbaya : c'est là qu'apparaissent les plus basses couches

1. Cette faille avait été remarquée déjà par M. BLANCHENHORN et nous lui conservons le nom qu'elle a reçu de lui [4]. Elle passe par Rachaya.

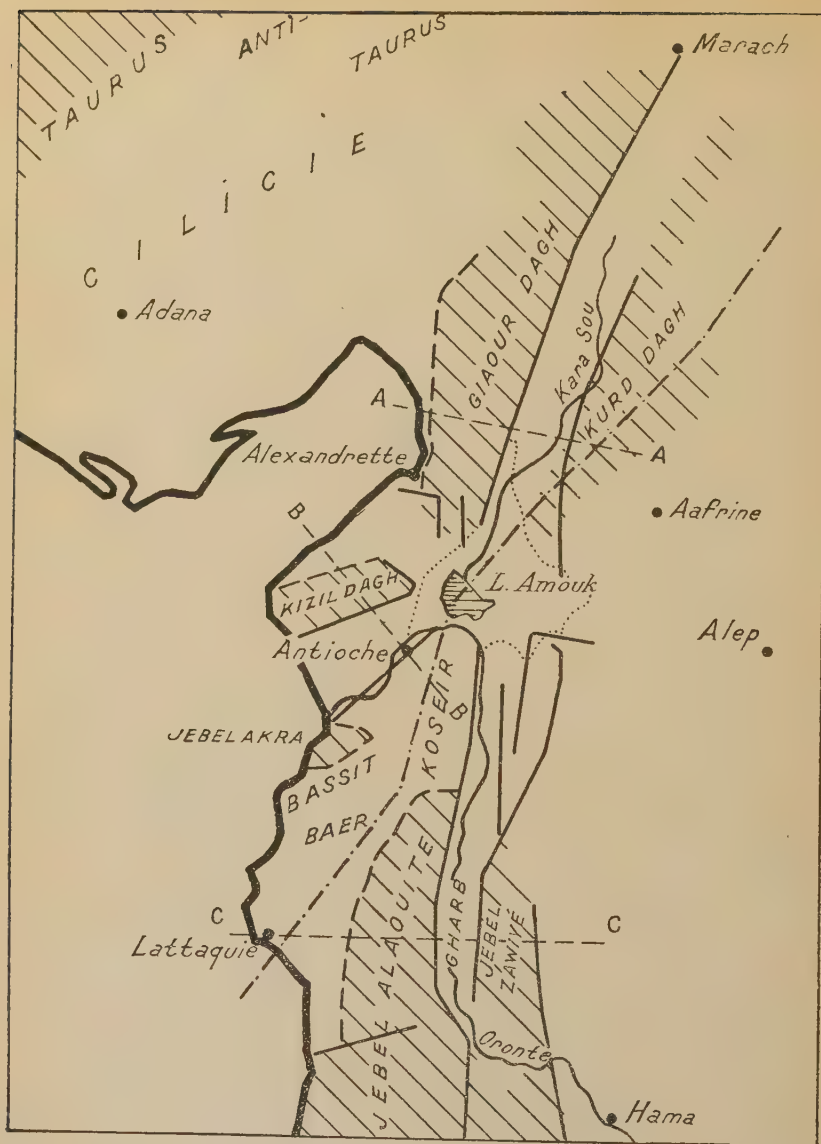


FIG. 3.

FIG. 3 et 4. — Schémas tectoniques de l'Amanus et des massifs libano-syriens. Echelle 1/2.000.000° [d'après 24]. Les lignes AA, BB... renvoient aux coupes fig. 1 et Pl. A.

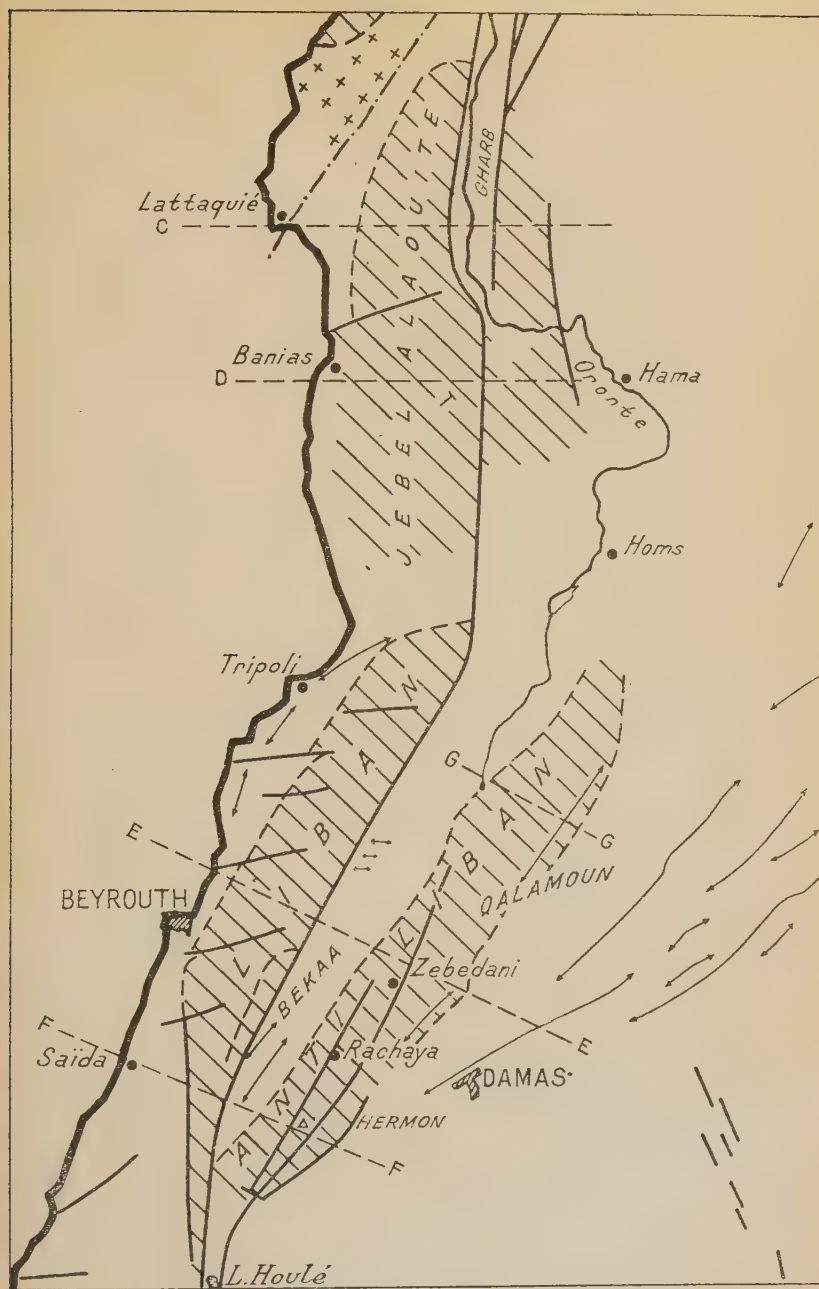


FIG. 4.

du Jurassique, c'est là que peut-être le Lias affleure. Au delà de la faille d'Arné, un dernier bloc Jurassique bas, à pendage inverse, bute, en contact anormal, contre un liseré crétacé et le plateau basaltique du Haouran.

Cette tectonique indique un écrasement, assez prononcé pour provoquer la formation d'une succession de trois monoclinaux et des plissements, néanmoins gênée par un soubassement rigide, en sorte qu'au lieu de chevauchements, il s'est produit des cassures verticales.

Les cassures de Hasbaya et d'Arné se poursuivent loin vers le N, la première faisant sentir ses effets jusqu'à une quinzaine de kilomètres au N de la route Beyrouth-Damas, la deuxième jusque vers Baalbeck et Aarsal.

Dans le langage courant, on désigne par *Békaa* la plaine comprise entre le Liban et l'Anti-Liban et drainée par le Litani. La partie basse se trouve aux alentours de Chtaura à 890 m ; elle se relève doucement vers le N jusqu'à 1.100 m, qu'elle atteint dans la zone de partage des eaux entre le Litani et l'Oronte. Ainsi définie, la *Békaa* représente le fond alluvial de la dépression comprise entre le Liban et l'Anti-Liban.

On peut élargir l'acception du mot et désigner par *Békaa* le long couloir séparant le Liban de l'Anti-Liban. Si nous n'englobons dans cette définition que la partie immédiatement voisine de la plaine alluviale, nous devons conclure que dans l'ensemble la *Békaa*, sur sa plus grande longueur, a la disposition d'un synclinal : elle dessine une forme de fond de bateau, oblique au Liban et tronqué par celui-ci.

Dans une interprétation plus large, nous rattacherons à la dépression les versants qui la contiennent. Nous limiterons la *Békaa* à l'W à la grande faille orientale du Liban. Du côté E, il est plus difficile de la délimiter.

En regardant une carte géologique de l'*Anti-Liban* et comparant les données topographiques et tectoniques, on remarque que l'Anti-Liban est délimité sur presque toute sa périphérie, par le contour extérieur du Cénomanien (contact Cénomanien-Sénonien). Ce contour, qui comporte des failles et des flexures atténuées en un simple pliage des couches, délimite un massif rectangulaire de 180 km de long, 22 km de large, qui représente une entité faisant le pendant à la région haute du Liban, comprise entre la faille orientale et la flexure occidentale.

Cette remarque nous conduirait à placer la limite E de la *Békaa*

sur la ligne de contact du Crétacé supérieur et du Crétacé moyen. La Békaa, ainsi définie, serait un fossé compris entre la grande faille orientale du Liban et la flexure ou le pliage des couches sur le bord occidental de l'Anti-Liban. C'est ainsi que nous avons conçu la Békaa jusqu'ici. Ses bords seraient légèrement divergents vers le N.

Les levers géologiques récents au 1/50.000^e et la recherche plus précise des causes et des caractères du grand couloir qui sépare le Liban de l'Anti-Liban, nous amènent aux vues nouvelles suivantes, qui se rapprochent du point de vue exprimé, il y a longtemps déjà, par Blanckenhorn (fig. 4) [9]. :

La Békaa, comme les massifs qui l'encadrent, a une structure dissymétrique.

La faille orientale du Liban joue, dans sa formation, un rôle prédominant ; ses rejets atteignent 3.000 m ¹. A l'affaissement du grand couloir ont contribué d'autres grandes failles, qui se relayent, la faille de Hasbaya dans le S, depuis le Lac Houlé jusqu'à 15 km au N de la route Beyrouth-Damas, puis la faille d'(Arné)-Zebedani. Le compartiment compris entre la grande faille orientale du Liban et ces deux failles en échelon a glissé en profondeur de diverses façons. Le long du massif de l'Hermón, où l'effort tectonique a été maximum, où la grande cassure éclate en un faisceau de failles, il a subi un mouvement de bascule, qui l'a mis en position monoclinale avec fort pendage vers l'W, disposition qui est également celle des massifs encaissants du Djebel Niha et de l'Hermón.

Plus au N, à l'effet des failles s'ajoute celui du pliage des couches au voisinage des contours extérieurs du Cénomanién, pliage qui suit une ligne SW-NE, tandis que les cassures courent du SSW au NNE. Enfin dans le N du couloir, au delà d'Aarsal, la faille de Zebedani s'estompe et seul subsiste le pliage des couches.

Une coupe transversale du N de l'Anti-Liban (fig. 4) montre la rapide ascension du Cénomanién à partir de la Békaa ; puis son pliage, un faible pendage vers l'E à Aarsal ; puis faible pendage opposé, enfin un pli typique, qui occupe la marge orientale de l'Anti-Liban, sur 45 km de long. Ce pli rappelle les plis à noyau Cénomanién qui de Damas courent vers Palmyre et au delà et que nous appelons les plis palmyréniens. Le nom de Qualamoun désigne d'ailleurs aussi bien cette partie septentrionale plissée de l'Anti-Liban que les fines rides situées à l'E.

1. E. DE VAUMAS, dans une note récente, en a donné une description totalement erronée [31].

L'Anti-Liban se compose ainsi de deux parties : l'Hermon au S, recoupé par des failles, et le Qualamoun au N, où le passage s'établit à une tectonique souple.

Si nous considérons le Liban, l'Anti-Liban et les régions voisines à l'E dans leur ensemble, nous constatons la juxtaposition et la superposition de deux tectoniques, l'une cassante propre au Liban et à l'Hermon, l'autre plissante propre au Qualamoun. Ces deux tectoniques n'affectent pas les mêmes couches, la tectonique cassante paraît liée aux couches profondes jurassiques ; l'autre est plus superficielle, elle concerne le Crétacé moyen et supérieur et le Nummulitique.

La superposition des deux tectoniques est manifeste dans la Békaa et dans l'Anti-Liban, d'où la difficulté d'une définition simple de ces grandes entités morphologiques.

L'Anti-Liban, délimité par le contour extérieur du Cénomarien, nous apparaît comme une touche de piano géante, coupée en diagonale par un faisceau de failles parallèles à la grande faille orientale du Liban. La Békaa, du point de vue tectonique, est un fossé, dont l'explication complète doit être cherchée jusqu'en plein cœur de l'Anti-Liban.

TECTONIQUE ANCIENNE.

La grande cassure, les puissants massifs, le réseau complexe de failles, traits majeurs de la bordure orientale de la Méditerranée, sont-ils seulement le fait de l'évolution structurale qui a suivi la transgression crétacée, ou reflètent-ils, à travers des sédiments relativement récents, de vieux accidents du soubassement ?

Cette question nous est suggérée par la morphologie des massifs côtiers, où les grandes formes semblent avoir été imposées par les calcaires jurassiques, le Crétacé jouant un rôle passif, si ce n'est pour des formes secondaires. On a l'impression que les grands traits tectoniques ont leur origine en profondeur. Ils pourraient néanmoins être récents, mais s'ils étaient anciens, ne se manifesteraient-ils pas précisément par l'intermédiaire des couches les plus anciennes ?

D'autres faits d'ailleurs contribuent à nous faire poser le problème.

H. Vautrin, en remontant l'Anti-Liban de l'Hermon vers le N, a vu apparaître dans la *série jurassique* classique de *Medjel Chems*, qui est continue depuis le Bathonien jusque dans de

Kimeridgien, une lacune progressivement croissante et englobant finalement depuis le Callovien supérieur jusqu'au Lusitanien [16, 17].

La coupe de Medjel Chems peut être résumée ainsi :

- calcaires inférieurs : Bajocien, Bathonien, Callovien inférieur : 1. 200 m.
- calcaires et marnes du Callovien supérieur, de l'Oxfordien et du Lusitanien : 100 m.
- calcaires supérieurs : Kimeridgien : 15 m.

Dans l'Anti-Liban, les calcaires inférieurs constituent la grande majorité des affleurements jurassiques ; ceux du Kimeridgien arrivent à être un peu plus épais que dans la coupe de Medjel Chems, mais ne jouent qu'un rôle tout à fait subordonné. Or, au Liban, on ne connaît que les calcaires kimeridgiens et ils sont épais de 1.000 m au moins.

La lacune dans la base du Jurassique supérieur de l'Anti-Liban et le rapide accroissement de puissance des calcaires kimeridgiens vers le Liban posent un problème auquel nous ne voyons pas, pour le moment, le moyen de répondre, mais qui s'éclaircira sans doute lorsqu'on connaîtra le développement du Jurassique en Transjordanie, dans le S de la Palestine et au Sinaï, c'est-à-dire, dans l'ensemble du domaine de la Méditerranée Orientale.

A la fin du Jurassique, la longue sédimentation calcaire, quasi afaune, prend fin et, après quelques bancs néritiques riches en Polypiers, Stromatopores, Gastéropodes, succède le grès à lignite crétacé. Le contraste profond dans la sédimentation, qui s'applique à des étendues considérables, implique un événement tectonique majeur, mais que nous ne savons pas encore reconnaître [23].

Il se manifeste par du *volcanisme*, important surtout dans les niveaux néritiques de la fin du Jurassique, et qui, de façon sporadique, a persisté dans le Crétacé inférieur et jusque dans l'Albien. Le basalte a suivi, pour son ascension, des cassures. A plusieurs reprises, lors du lever géologique détaillé des régions à volcanisme jurassique (feuilles de Qartaba, Beyrouth), nous avons trouvé des appareils éruptifs sur le tracé des failles. Au-dessous de Bekfaya (feuille de Beyrouth), d'importantes masses de tuf basaltique se placent dans une faille transversale au Liban : l'examen détaillé suggère une vieille faille qui a rejoué et non pas une faille récente ayant suivi le tuf.

Par contre, dans le cas d'une autre grande faille transversale, au S de Douma (feuille de Qartaba), la présence de basalte juras-

sique pincé au fond d'une vallée de cassure, entre les calcaires massifs jurassiques, résulte du fait qu'à un moment quelconque la faille a été béante et que des paquets de couches de niveaux élevés sont tombés entre les calcaires : au basalte sont en effet associés des lambeaux de calcaires marneux jaunes à Stromatopores, qui signent le niveau néritique du sommet du Jurassique.

Nous avons dit que le Liban est divisé transversalement à la hauteur de Beyrouth par un faisceau complexe de failles et que la partie N, horst typique, est plus haute, tectoniquement, de 750 m que la partie S. Or, le volcanisme de la fin du Jurassique s'étend à toute la partie N, tandis que nous ne le connaissons pas dans la partie S : il semblerait qu'il y ait là un argument permettant de conclure que certaines grandes unités du Liban étaient définies dès la fin du Jurassique.

La formation de petites failles au moment du volcanisme jurassique est prouvée par la disposition de certains gisements de lignite. On rencontre ceux-ci soit contre des venues basaltiques, soit contre des failles. Dans ce dernier cas, le lignite se trouve sur la lèvre abaissée, sa puissance va en augmentant jusqu'au contact de la faille ; la lèvre supérieure est stérile. Au-dessus d'un gisement de cette nature, nous avons vu un banc marin, encore jurassique, qui n'était plus affecté par la faille. L'explication semble être la suivante : les eaux étant très peu profondes au moment du volcanisme jurassique, l'épanchement de basalte ou l'apparition d'une faille, devaient créer des zones d'eaux mortes où les végétaux s'accumulaient, alors qu'ailleurs ils étaient dispersés par les eaux agitées. De la vase venant ensuite recouvrir la matière organique, les conditions favorables à la formation du lignite étaient réalisées.

Ces divers faits prouvent indubitablement une tectonique ancienne, jurassique, au cours de laquelle il est bien probable que certains grands ensembles structuraux se soient manifestés. Mais ces grands ensembles anciens sont-ils les mêmes que ceux que nous observons aujourd'hui ?

Les traits de cette tectonique ancienne n'étaient pas très marqués, semble-t-il, et nous ne pouvons pas même affirmer que la grande cassure syrienne et ses ramifications existaient déjà.

Le mode de transgression du *Crétacé* indique une topographie préexistante très atténuée, car le *Crétacé* repose sur le Jurassique en concordance apparente et ne comporte que très rarement des conglomérats à galets jurassiques. Il débute par du grès à quartz de granite, ferrugineux, afaune, appelé grès du Liban, qui a

souvent été rapproché du grès de Nubie. Puis, suit l'Aptien néritique, irrégulièrement développé, tandis que l'Albien et le Cénomanién, plus profonds, sont aussi plus monotones. [23].

Le développement du grès à lignite et de l'Aptien indique que la mer crétacée a envahi d'abord le Liban central et que, de là, elle s'est répandue, au cours de l'Aptien, vers le N, le S et vers l'E. A l'Albien, alors qu'elle recouvrait tout le pays, il semble que les fonds s'approfondissaient de l'E vers l'W.

La coupe du Crétacé au Dahr el Baïdar, col de la route Beyrouth-Damas (Liban central), est la suivante (de bas en haut) [19], (fig. 5) :

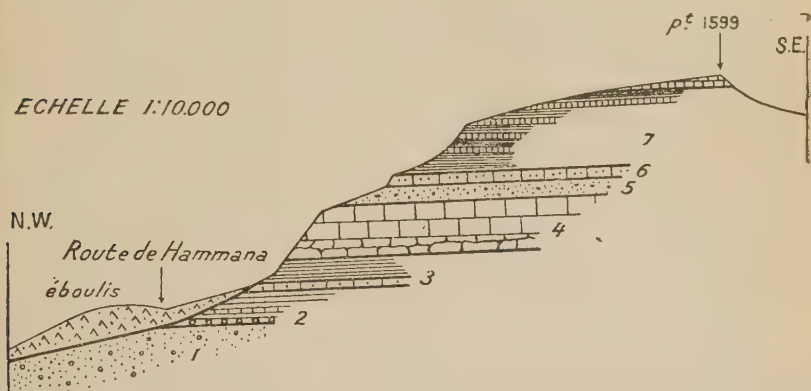


FIG. 5. — Coupe stratigraphique du Crétacé inférieur et moyen dans le Liban central, aux abords du Dahr el Baïdar.

1. grès à lignite néocomien; 2. niveau à pisolithes : base de l'Aptien; 3. banc de calcaire oolithique jaune dit *furni*; 4. falaise de Blanche; 5. grès à oolithes ferrugineux : sommet de l'Aptien; 6. banc à *Cardium* : Albien; 7. marnes à *Knemiceras* : Albien.

GRÈS À LIGNITE : grès à quartz de granite, ferrugineux, sans faune..... 200 m

APTIEN :

- pisolithes de calcaire ferrugineux, noyés dans le grès ou ballés dans un ciment calcaire gréseux..... 3 m
 - grès, grès argileux, argiles, puis alternances de fins bancs calcaires et d'argiles 52 m
 - banc de calcaire oolithique ocre, dit « *furni* » 12 m
 - argile et grès..... 25 m
 - grande falaise de calcaire blanc subrécifal, dite « falaise de Blanche » 60 m
 - argile, puis grès type « grès à lignite », calcaire et argile, grès à oolithes de limonite 30 m
- (puissance totale de l'Aptien, environ 200 m).

ALBIEN :

- bancs à *Cardium* 15 m
- marnes vertes à *Knemiceras* environ 100 m

CÉNOMANIEN :

- calcaires à Radiolites 600 m

Dans cette série, la muraille de Blanche est le seul niveau reconnaissable d'un bout à l'autre du Liban, dans l'Anti-Liban et au delà. Le niveau à pisolithes, le furni et le grès surmontant la muraille de Blanche sont également caractéristiques. En suivant le Crétacé inférieur au moyen de ces repères, vers le N, le S et l'E, on constate une forte diminution de puissance du « grès à lignite », la substitution de grès de même type aux argiles, alternances d'argiles et calcaires et même au banc de furni de l'Aptien. La coupe du Crétacé inférieur devient la suivante (de bas en haut) :

- quelques m de grès, avec parfois intercalation de niveaux calcaires à faune aptienne, comme à Homsy (Liban-Sud) ;
- muraille de Blanche réduite ;
- grès relativement épais ;
- banc à *Cardium* etc.,.

Le grès de base est l'équivalent faciel du grès à lignite du Liban central, mais il est aptien : il a atteint le S et le N du Liban, ainsi que l'Anti-Liban, alors que se déposaient déjà, au Liban central, des argiles, marnes, calcaires et calcaires oolithiques très fossilifères.

En ce qui concerne l'Albien, il est, dans la zone montagneuse du Liban, ainsi au Dahr el Baidar, franchement marneux (marnes vertes à *Knemiceras*), et se différencie du Cénomaniens ; vers le pied de la montagne, c'est-à-dire, vers la côte, il devient plus calcaire, moins fossilifère et tend à se fondre avec le Cénomaniens.

Nous ne faisons que signaler ces phénomènes, qui devront être étudiés avec la nouvelle carte géologique au 1/50.000^e en mains. Ils nous permettront d'établir la forme précise du pays envahi par la mer crétacée. Au Jurassique comme au Crétacé inférieur, il semble que la mer allait en s'approfondissant de l'Anti-Liban, puis du Liban vers l'Ouest.

Nous ne possédons aucune donnée analogue pour la région Alaouite, et plus au N, dans le pays des massifs éruptifs basiques, crétacés supérieurs, les problèmes sont différents.

COUPES TRANSVERSALES

au 1:200.000 me

(La situation de ces coupes est indiquée aux figures 3 et 4)

calcaires

marnes

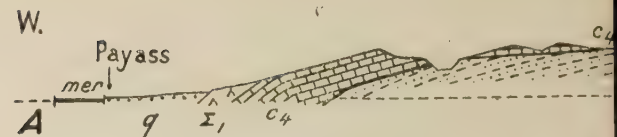
marnes sableuses

grès

roches éruptives basiques

basaltes

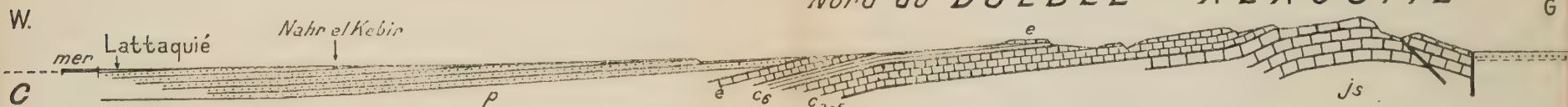
GIAOUR DAG



KIZIL-DAG



Nord du DJEBEL ALAOUITE



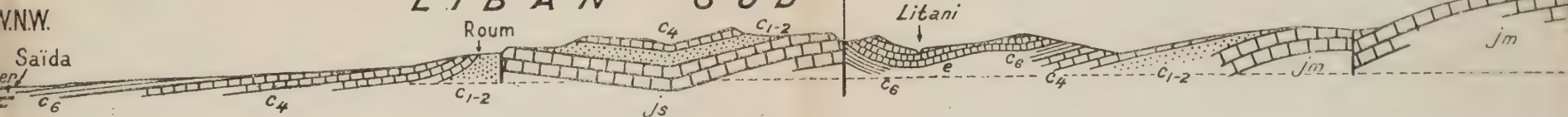
Sud du DJEBEL



LIBAN CENTRAL



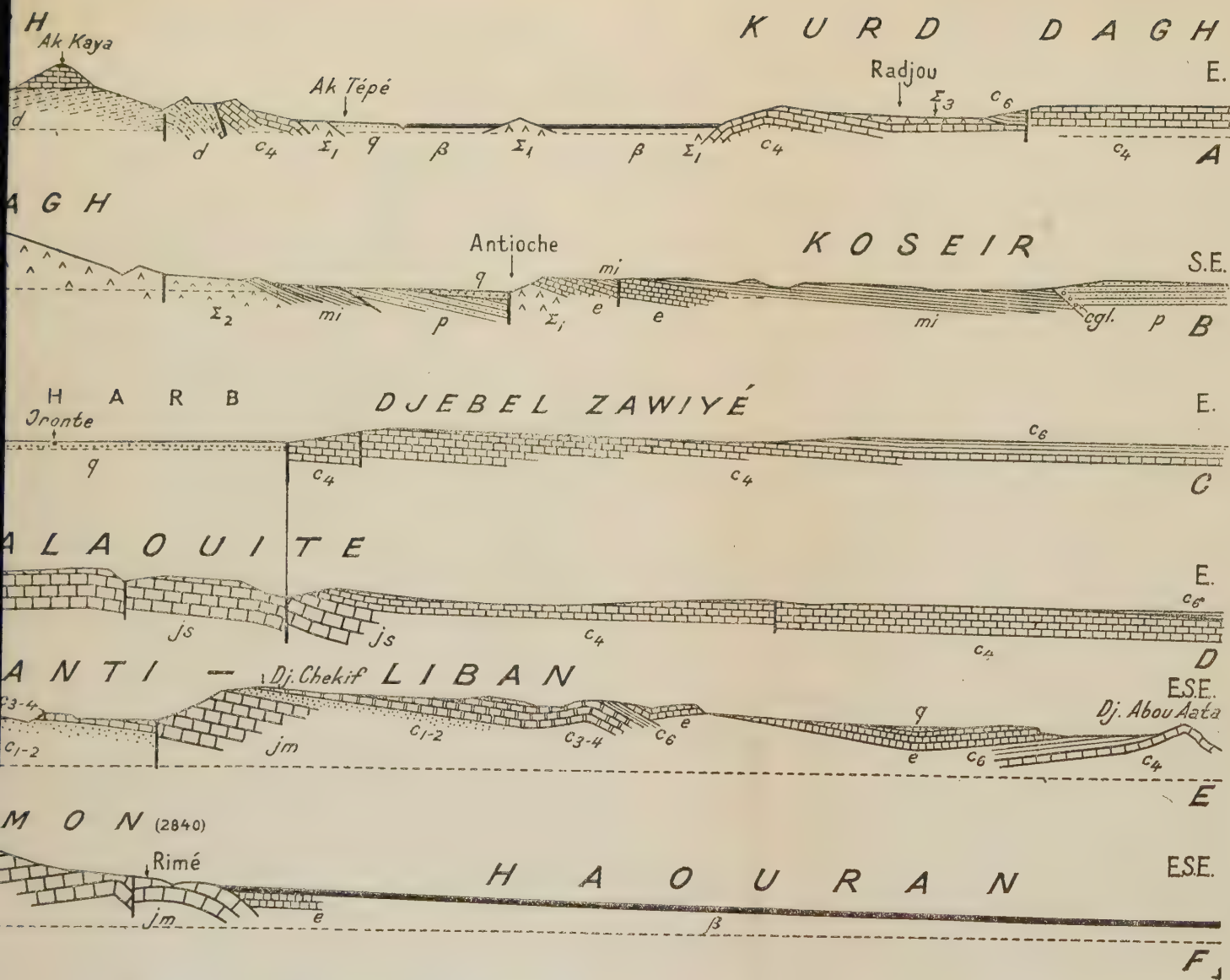
LIBAN SUD



HER

PLANCHE A. — COUPES TRANSVERSALES DE L'AMAMUS ET DES MASSIFS

légende : d. Dévonien-Carbonifère ; j^m Jurassique moyen ; j^s Jurassique supérieur ; c¹ grès à lignite (Néocomien) ; c² Aptien ; c³ Albien ; c⁴ Cénomannien ; c⁵ Turonien ; c⁶ Sénonien ; e. Éocène ; microdiorites ; Σ sédiments emballés dans de la pillow-lava.



LIBANO-SYRIENS. ÉCHELLE : 1/200.000°.

mi. Miocène ; Σ^1 Miocène lacustre ; p. Pliocène ; q. Quaternaire ; Σ^{1-3} massifs basiques : Σ^1 pyroxénolithes, serpentines ; Σ^2 gabbros, diorites,

CAUSES DE LA SURRECTION DES MASSIFS LIBANO-SYRIENS.

Les étapes de la surrection des massifs libano-syriens à partir de la transgression crétacée sont connues aujourd'hui dans leurs grandes lignes, grâce à d'innombrables témoignages stratigraphiques. Nous ne les exposerons pas ici, mais nous voulons poser la question : quelle a été la cause de la surrection de ces massifs ? question qui s'impose à l'esprit avec d'autant plus de force que l'on considère plus longuement l'ensemble de la bordure orientale de la Méditerranée, la diversité de ses reliefs et de sa structure géologique.

Elle a évidemment préoccupé les géologues depuis longtemps, mais les réponses proposées ne nous paraissent pas satisfaisantes.

C. Diener (1886) et M. Blanckenhorn (1888, 1914) avaient très justement reconnu dans la morphologie des massifs libano-syriens la marque profonde des cassures prolongeant vers le N le sillon de la Mer Morte. Diener expliquait la genèse de ces massifs par des déformations de la lithosphère dans le sens du rayon terrestre [2, p. 396]. Blanckenhorn [9, p. 7] se range à une suggestion de E. Banse [6] d'après laquelle les déchirures de l'écorce terrestre résulteraient d'inégalités de tension dues à la contraction du globe.

L. Kober (1915), dans un esprit très différent et moins objectif, voit dans le double système montagneux du Liban et de l'Anti-Liban un pays plissé dû à la surrection des chaînes tauriques et jouant par rapport à celles-ci le même rôle que le Jura par rapport aux Alpes ; la Békaa ne serait pas un fossé, mais un synclinal pincé entre l'anticlinal faillé constituant le Liban et les chaînes de l'Anti-Liban ; ces dernières, poussées vers le SE, se déverseraient sur la Damscène en un pli couché ; les plateaux palestinien et transjordanien correspondraient respectivement aux horsts de la Forêt Noire et des Vosges, le sillon de la Mer Morte au fossé Rhénan [10, p. 183].

L'image donnée par L. Kober est séduisante, mais elle méconnaît les traits tectoniques véritables : le pli couché du Kasyoun, au-dessus de Damas, en particulier, est démenti par la stratigraphie.

L'arc syrien de E. Krenkel [11] représente à nos yeux une conception tout aussi théorique et éloignée des données tectoniques et morphologiques.

Sans discuter ces théories dans le détail, notons la difficulté d'expliquer par elles les points suivants si particuliers à la rangée de massifs longeant la Méditerranée Orientale :

1° les massifs suivent de près la grande cassure prolongeant le sillon de la Mer Morte et lui sont incontestablement liés génétiquement.

2° le massif Alaouite, proche du Taurus, est de formes atténuées, au point qu'il pourrait, au moins pour sa partie méridionale, être qualifié de plateau accidenté; l'effet tectonique a été maximum plus au S, dans le double système du Liban et de l'Anti-Liban, plus exactement dans la partie S de celui-ci.

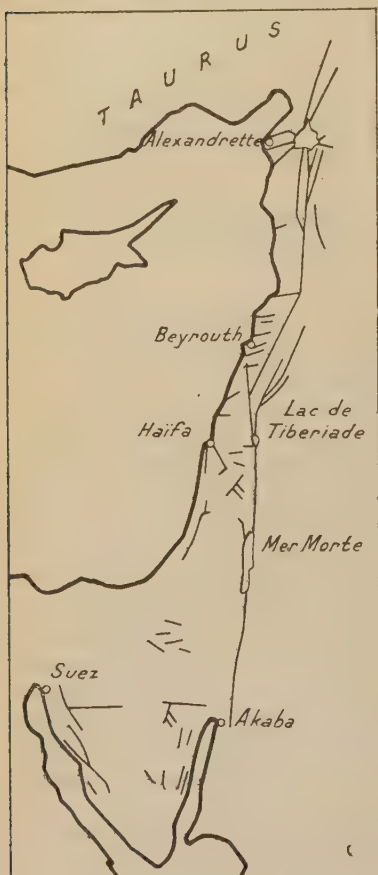


FIG. 6. — Croquis d'ensemble du système de cassures du sillon de la mer Morte et de la bordure orientale de la Méditerranée. Échelle 1/10.000.000.

Devant un double système montagneux de pareille puissance, on recherche d'habitude les mâchoires entre lesquelles il était serré lors de sa genèse. Au SE, nous voyons le plateau désertique syrien, au NW la mer! le principe d'un écrasement dû à des mouvements tangentiels semble être mis en défaut.

Certains faits tectoniques qui se répètent à travers toute notre région, au point d'apparaître comme les effets d'une loi, nous mettent sur la voie d'une explication peut-être meilleure.

Dans le jeu des compartiments nous remarquons que la montée d'un bloc entraîne régulièrement la descente d'un bloc voisin et que cette descente est proportionnée à la montée du premier bloc: il se produit une sorte de compensation entre la montée et la descente. Il semblerait que les grandes failles qui délimitent les compartiments s'enfoncent assez profondément dans la lithosphère pour

atteindre une zone douée d'une certaine plasticité; lorsqu'un compartiment s'élève, comme conséquence de l'inégale répartition des tensions de la lithosphère, il se produit au-dessous de lui un appel, auquel obéit la matière sous-jacente à un bloc voisin; celui-ci se trouve obligé de descendre.

Appliquant cette notion à la bordure méditerranéenne, nous

ne nierons pas que les massifs côtiers puissent être le résultat lointain des perturbations tectoniques qui ont accompagné et provoqué la surrection des chaînes Tauriques, mais nous dirons qu'ils sont d'une façon plus immédiate l'effet de l'affaissement d'une partie contiguë de l'écorce terrestre, aujourd'hui noyée sous les eaux de la Méditerranée (v. fig. 6).

Dans la tectonique de la bordure orientale de la Méditerranée, le sillon de la Mer Morte, représente un trait tectonique primordial, très net jusqu'au Lac Houlé. Nous ne voyons pas bien sa continuation au delà vers le N : la grande cassure syrienne (grande cassure orientale du Liban et du Djebel Alaouite) n'en représente vraisemblablement qu'une ramification, tandis que d'autres accidents, peut-être plus importants, peuvent la relayer en mer, dans le voisinage de la côte. Les grandes failles qui se détachent de la vallée du Jourdain vers la plaine d'Esdrélon et le Mont Carmel, en direction SE-NW sont, à notre avis, un témoignage de la dispersion des failles du sillon de la Mer Morte vers le N. D'autre part, les plaines côtières palestiniennes nous fournissent bien l'exemple de grands rejets au voisinage de la côte : c'est le long d'un tel rejet que le Pliocène-Quaternaire des plaines de la Philistée s'appuie contre les formations plus anciennes de la voûte de Judée.

On peut donc concevoir des affaissements dans le domaine maritime en bordure des côtes libano-syriennes et, comme conséquence, la montée de la marge continentale. D'après ce qui précède, le Liban, qui longe la côte, et l'Anti-Liban, feraient face à un bloc profondément affaissé ; le Djebel Alaouite, d'un relief plus doux, donnant l'impression de se prolonger sous la mer, serait le vis-à-vis d'un bloc moins affaissé.

L'explication comporte la part d'incertitude que nous cause l'absence totale de données sur le domaine méditerranéen. Elle ne résoud pas le problème, elle le rejette, car il resterait à expliquer la cause de l'affaissement des compartiments situés en mer. Mais là nous aborderons un phénomène d'ensemble, aussi difficile à expliquer que l'écrasement des chaînes alpo-himalayennes.

Nous ne pensons pas inutile de placer le problème de la surrection des massifs libano-syriens dans ce jour nouveau, malgré toute l'étendue de l'inconnu qui subsiste.

PROBLÈMES STRATIGRAPHIQUES.

Les problèmes tectoniques posés montrent combien, dans ce domaine, nos connaissances étaient restées rudimentaires. La stratigraphie était plus avancée, car, après les grandes explorations de M. Blanckenhorn (1888 à 1908), G. Zumoffen, qui vivait à Beyrouth a, trente ans durant, consacré ses loisirs à l'étude du Liban. Ses observations et matériaux ont permis à H. Douvillé de décrire des coupes types du Crétacé du Liban et d'en définir les grandes coupures stratigraphiques (1910). Zumoffen a publié, bien plus tard [12, 1926] dans la « Géologie du Liban », le recueil de ses observations : descriptions de coupes avec citations de faunes abondantes.

Certains étages restaient pourtant mal connus ou ignorés : nous indiquons ci-après les questions qui se posent à nous aujourd'hui.

Grès à lignite. — Sur les calcaires jurassiques du Liban et de l'Anti-Liban repose une formation gréseuse rouge, qui représente la base du Crétacé et s'élève jusque dans le sommet de l'Aptien.

Le grès a été assimilé au grès de Nubie : quant à l'ensemble de la formation gréseuse, elle a été appelée *grès à Trigonies*, d'après la *Trigonia syriaca* CONRAD, fréquente dans des intercalations argileuses et calcaires de sa partie supérieure [1, p. 45].

La base de la formation est presque exclusivement formée de grès à grains de quartz de granite, cohérents du simple fait de leur tassement ou par cimentation par de la limonite. On y trouve de rares intercalations argileuses, contenant des restes de végétaux, de l'ambre, et parfois même des couches de lignite.

Vers le haut, les argiles prennent plus d'importance et alternent avec des bancs calcaires variés : bréchiques, oolithiques, récifaux. Ces niveaux marins néritiques sont riches en faune aptienne : le sommet de la formation gréseuse est donc aptien ; la base a été assimilée au Néocomien.

On a jusqu'ici souvent discuté du nom à donner à la formation gréseuse, faute de pouvoir lui assigner un niveau stratigraphique précis. Mais il est rarement fait mention des conditions de dépôt du grès ; quoique, sur ce sujet, les avis soient très divergents.

Assimiler ces grès aux grès de Nubie implique qu'on les considère comme étant en grande partie d'origine continentale, désertique. Pourtant, M. Blanckenhorn déjà précisait qu'un examen

détaillé ne laissait aucun doute quant à leur dépôt en milieu aqueux [1907 ; 5, p. 299]. G. Zumoffen, qui les connaissait mieux, les a appelés *grès lignitifères* et ne s'est pas préoccupé de leur genèse. De notre côté, nous avons été amenés à les examiner dans le détail, soit en établissant la carte géologique au 1/50.000^e des parties du Liban où il affleure, soit en contrôlant les nombreuses prospections de lignite provoquées, pendant la guerre, par le manque de combustible : nous avons acquis la conviction que le grès à lignite s'est déposé sur le littoral d'une vaste nappe d'eau probablement marine » [1943 ; 23, p. 22]. En Égypte, N. M. Shukri et R. Said sont arrivés à des résultats analogues pour une dizaine de gisements s'échelonnant sur les rives africaines du Golfe de Suez et de la Mer Rouge, depuis Suez jusqu'à 600 km au S : « in all localities examined, the problematical unfossiliferous sandstones are formed under water in a beach and near-shore marine environment » ; mais ils ajoutent qu'une généralisation serait imprudente, car, de même qu'il existe des grès de Nubie de divers âges, il pourrait en exister de diverses origines [1945 ; 26, p. 143].

Par contre nos collègues de Palestine, L. Picard en particulier, considèrent comme évident que le grès de Nubie est d'origine désertique, conformément à l'avis exprimé par R. A. Bagnold ¹.

Nous devons donc justifier notre opinion, en nous limitant d'ailleurs au champ de nos propres observations : Liban et Anti-Liban. Nous avons expliqué que le grès à lignite envahit d'abord le Liban Central, de là se répand vers le N, le S et vers l'E ; au moment où il atteint les régions périphériques, se déposent, au centre du bassin, des argiles et calcaires marins : le grès à lignite passe donc latéralement à des dépôts typiquement marins. Ceci ne prouve pas son origine marine, car le rivage d'un désert sableux montrerait le passage latéral de sables éoliens à des sables marins.

La disposition générale du grès par rapport aux sédiments typiquement marins montre cependant que le sable, dans sa progression, précédait la transgression marine, l'annonçait en quelque sorte : il n'était donc pas fourni par l'intérieur des terres, mais apporté par la mer ; il pouvait, à partir de la côte, être repris par le vent.

Ce qui nous fait penser qu'une grande partie au moins du grès

1. The physics of blown sand and desert dunes. Methuen Co. Ltd., Londres, 1941.

à lignite s'est déposée dans la mer, c'est sa stratification. Il forme des couches lenticulaires, par exemple de 0,80 à 1 m d'épaisseur, au sein desquelles les grains de sable sont disposés en petites strates inclinées de 30 à 45° par rapport à la couche ; on peut observer un triage des grains par dimensions, des strates de gros grains alternant avec des strates de grains fins. Les couches superposées peuvent répéter la même disposition. Cet ordre parfait, ce triage des grains par dimensions, ne peuvent être qu'un effet de l'intervention de l'eau.

Le mode de dépôt du sable s'imagine aisément. Un fort cou-

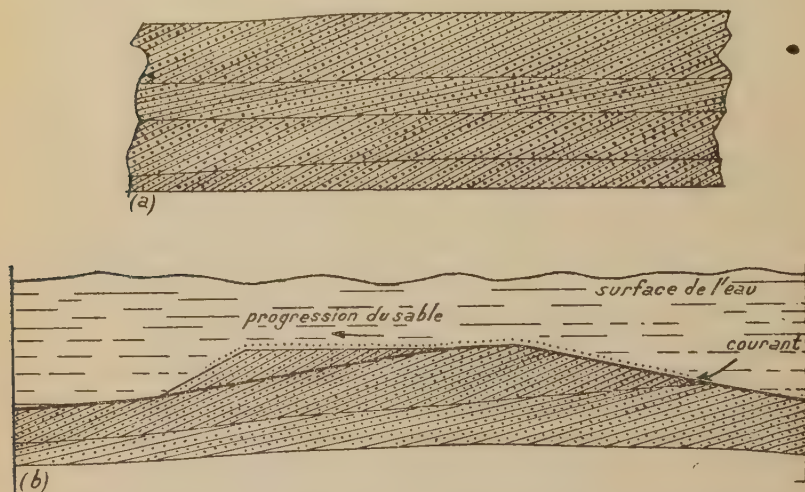


FIG. 7. — Schéma de la stratification du grès à lignite et son explication.
a) Schéma de la stratification du grès à lignite ; b) Processus du dépôt du sable.

rant au-dessus de fonds sableux présentant des creux et des bosses provoque des déplacements massifs de sable. Celui-ci suit le fond jusqu'à ce qu'il ait dépassé une crête et se trouve devant une dépression : là il se dépose, non pas en recouvrant uniformément le fond de la cavité, mais en strates inclinées superposées et progressant petit à petit jusqu'au comblement de la dépression (fig. 7).

Une lentille de 1 m d'épaisseur peut s'être déposée en quelques heures, par gros temps. La mer peut la détruire à nouveau, mais, si la côte s'enfoncé par rapport au niveau de la mer, certaines lentilles resteront préservées et ainsi se constituera, pendant le laps de temps correspondant à un étage géologique, une forma-

tion composée de couches dont chacune s'est déposée en quelques heures ou jours.

Nous pensons que la stratification du grès telle que nous l'avons décrite, est typiquement marine. Nous l'avons retrouvée identique dans des grès quaternaires côtiers indubitablement marins.

Parmi les arguments envisagés à l'appui de la thèse d'une origine désertique du grès à lignite, nous citerons l'absence de fossiles.

Le fait est indéniable. Cependant, nous connaissons dans le désert de Syrie, dans le Djebel Bichri un dernier retour de grès du type du grès de Nubie, dans l'Oligocène. Au sein de ce grès, uniquement quartzeux, épais d'une soixantaine de mètres, s'intercale une lumachelle à *Eulepidina elephantina* M. CH. et *E. dilatata* MICH, complètement silicifiée : il ne peut y avoir de doute sur le caractère littoral de ce dépôt.

Le Turonien du Liban. — C. Diener, l'un des précurseurs de la géologie du Levant, a de suite correctement attribué au Cénomanién la masse principale des calcaires crétacés du Liban et au Turonien leur sommet : les plus hauts bancs de la série calcaire compacte lui avaient fourni à Yahfoufeh, sur la lisière orientale de la Békaa, un *Mammites nodosoides* SCHOLTH. [1886 ; 2, p. 38-39].

Cette découverte a été passée sous silence par M. Blanckenhorn, lequel s'est cramponné longtemps à une échelle stratigraphique erronée [1891 ; 3, p. 60-61 ; 1914].

La définition précise du Turonien a été donnée par H. Douvillé, d'après les observations et les matériaux de G. Zumoffen [1910 ; 7, p. 56-63]. Douvillé décrit deux coupes, passant l'une par Maameltein et Ghazir, à quelques km au N de Beyrouth, l'autre par Djbaïl, Deir el Banat et Mar Maroun, une trentaine de km plus au N. Avec réserve, il place la limite inférieure du Turonien au sommet de la série principale des calcaires compacts du Crétacé moyen et distingue, au-dessus, un Turonien inférieur marneux, blanc, caractérisé par *Thomasites Rollandi* THOMAS et PÉRON et *Pseudotissotia* cf. *Luciae* PERVINQUIÈRE, puis un Turonien supérieur, calcaire, à *Hippurites resectus* DEFR. et *H. Grössouvrei* DOUV. (fig. 9).

G. Zumoffen ne s'est pas tenu à ces définitions et a placé la base du Turonien tantôt à certain banc à *Nerinea Requieni* D'ORB., situé en plein Cénomanién, tantôt à un niveau à Hippurites, qui en constitue effectivement la base. Aussi, sa carte englobe-t-elle dans le Turonien parfois jusqu'à l'ensemble du Cénomanién. Il cite de nombreux gisements d'Ammonites turoniennes et d'Hippurites, qui ont été pour nous des guides précieux. Zumoffen nie l'existence du Turonien dans le Liban méridional, il ne le mentionne pas dans la Békaa.

H. Vautrin l'a retrouvé en bordure de cette plaine, à Nebi Chit, là

même où Diener l'avait découvert cinquante ans auparavant. Il distingue, comme Douvillé, un niveau inférieur marneux à Ammonites et un niveau supérieur calcaire à Hippurites [72; p. 67; fig. 8].

Malgré la concordance de cette coupe avec celles de la côte, Dou-

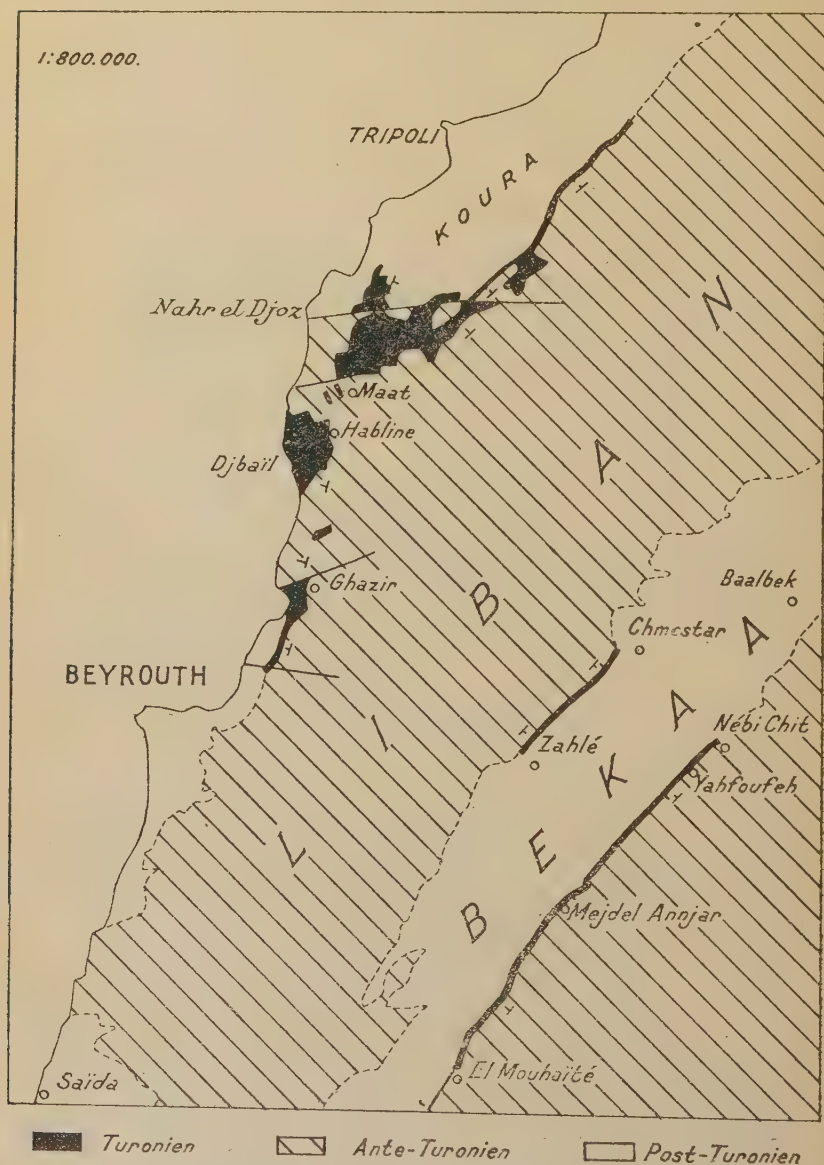


Fig. 8. — Gisements connus du Turonien du Liban. Échelle 1.800.000°.

villé pensait que le développement du Turonien ne suivait pas toujours ce schéma simple : les calcaires à Hippurites devaient, comme des récifs, être irrégulièrement développés et non seulement former des masses compactes au sommet du Turonien, mais également apparaître en îlots, plus ou moins étendus, au sein des marnes à *Thomasites* *Rolandi*. Nos observations récentes confirment ces vues.

Pendant les années de guerre, à l'occasion du lever de la carte géologique au 1/50.000^e du Liban, nous avons suivi pas à pas

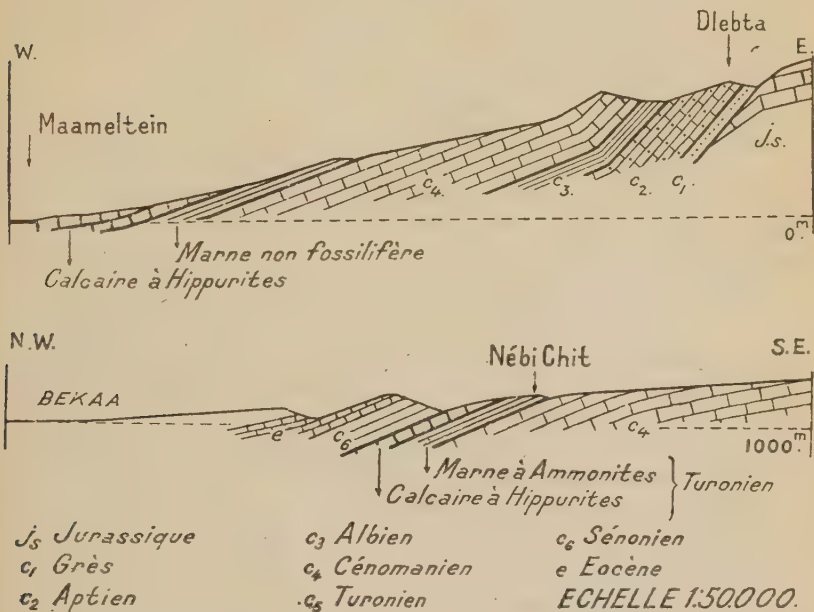


FIG. 9. — Coupe des gisements classiques du Turonien de Maameltein (Baie de Djounieh) et de Nebi Chit (Békaa).

le Turonien, depuis Beyrouth jusqu'aux environs de Tripoli ; nous l'avons identifié dans le Liban méridional, près de Nabatiyeh, puis sur la lisière occidentale de la Békaa, entre Zahlé et Chmes-tar ; sur la lisière orientale, nous l'avons suivi depuis Nebi Chit jusqu'à 50 km au SW [25], (v. fig. 8).

Le développement du Turonien entre Beyrouth et la région de Tripoli est particulièrement instructif. Tout au long de la côte, les couches plongent vers la mer. Des failles à peu près W-E découpent des compartiments, dont l'élévation et l'inclinaison varient ; de la sorte, le Turonien subsiste par taches, isolées par des surfaces de Cénomanién.

Une première tache occupe le cirque de Djounieh, c'est là que se situe la coupe classique de Maameltein-Ghazir décrite par Douvillé. Le Cénomanien calcaire compact y est surmonté d'une marne blanche non fossilifère ; puis suit un calcaire gris ; dans la base, Zumoffen a vu des empreintes d'Ammonites ; plus haut, les Hippurites associés à des Actéonelles et des Échinides forment un banc ; au sommet, le calcaire est oolithique.

Au N du cirque de Djounieh, le Turonien se termine contre une faille ; la lèvre haute, au delà, est cénomanienne. Elle a été incluse par Zumoffen dans le Turonien. En fait, la marne blanche en constitue le plus haut niveau, elle descend jusqu'à la mer et les calcaires à faune turonienne sont noyés. Ils reparaissent, sur la côte, 7 km plus au N, puis grimpent vers la montagne, marqués à la base par des récifs d'Hippurites.

Sur le parallèle de Djbaïl, le long de la route de Habline, l'Ouadi Eddé donne une excellente coupe du Turonien. On reconnaît encore la marne blanche coiffant les calcaires cénomaniens ; elle est plus compacte ici, et, vers le haut, contient la faune à *Thomasites Rollandi* et *Leoniceras* ; en cherchant bien, on trouve aussi, au sein des couches à Ammonites, de petits récifs isolés à Hippurites. Le calcaire, au-dessus de la marne blanche, tranche encore assez nettement par sa couleur sombre et sa surface lapiazée ; les Hippurites y forment un banc et parfois apparaissent comme des orgues.

A quelque distance au N de Habline, la marne blanche à Ammonites n'est plus distincte dans le paysage, elle a pris la couleur grise des calcaires. Au couvent de Maat, à 9 km au N de Djbaïl, alternent des bandes de marne calcaire et des bancs calcaires compacts. Les premiers fossiles turoniens sont ici des Hippurites, qui forment un banc. Quelques mètres au-dessus suit une couche extraordinairement riche en *Thomasites Rollandi*, *Leoniceras*, d'où Zumoffen avait rapporté aussi *Mammmites nodosoides* SCHOLT. var. *spinosa* BASSE et *M. Fischeri* LAUBE et BRUDER. [22, p. 458].

Le Turonien reste reconnaissable, vers le N, jusqu'au Nahr el Djoz, grâce à ses Ammonites et Hippurites. Au delà, ces fossiles ne se trouvent plus ; les niveaux équivalents peuvent être suivis à travers le paysage, ils contiennent des *Radiolites* de type européen : *Praeradiolites ponsianus* d'ARCH., *Radiolites Peroni* CHOFFAT. D'après Douvillé, on aurait quitté le domaine de la mer chaude à Hippurites [7, p. 62].

A cette conclusion, objectons que des Hippurites ont été trouvés au Djebel Akra, 200 km, plus au N. Nous pensons que le

changement tient peut-être à une disposition topographique particulière. Au S du Nahr el Djoz, le versant du Liban descend vers la mer en pente moyenne, régulière. Au N, il tombe en flexure abrupte, puis dessine un large plateau d'une centaine de mètres d'altitude. Dans ce plateau, on ne voit que poindre le Turonien au milieu de marnes sénoniennes; ses niveaux inférieurs, habituellement fossilifères, affleurent dans la zone de la flexure. Peut-être ce dispositif structural, était-il indiqué dès le Turonien; dans ce cas, la zone de flexure aurait fait face à un haut-fond et non à la haute mer comme les zones à Ammonites et Hippurites au S du Nahr el Djoz (fig. 10).

Ainsi, il semblerait que le développement du Turonien soit sous

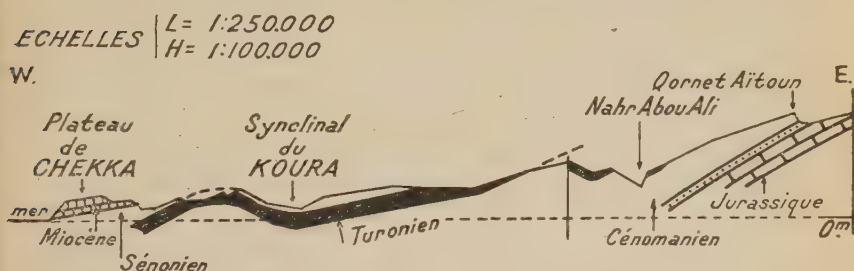


FIG. 10. — Coupe montrant la structure du plateau du Koura. Le Crétacé moyen plonge vers le Koura en forte pente puis se replie pour dessiner un plateau à larges ondulations. Cette disposition, si elle était indiquée déjà au Turonien, a pu avoir une influence sur la répartition des faunes d'Ammonites et d'Hippurites.

l'influence de causes locales, trait qui ajouté à la nature lithologique de ses sédiments (récifs mêlés à une fine mouture de coquilles, calcaire oolithique), à ses variations latérales de faciès et à sa disposition générale par rapport au Cénomanien, incitent à conclure qu'il représente un dépôt néritique contemporain de mouvements orogéniques; nous pensons que le Liban a commencé alors à émerger de la mer sous forme d'une large voûte plate. Une fois de plus nous constatons l'influence de la tectonique sur la stratigraphie.

Nos observations semblent prouver aussi l'impossibilité de fonder une subdivision du Turonien sur la répartition des faunes d'Ammonites d'une part et d'Hippurites de l'autre.

L'Oligocène et le Burdigalien. — Le Nummulitique est l'époque de l'émersion d'une grande partie de la Syrie. La zone des massifs côtiers a émergé généralement au cours de l'Éocène moyen, la Syrie intérieure seulement à l'Oligocène: ceci explique que

l'Oligocène soit resté inconnu en Syrie jusqu'à l'exploration du désert par H. Vautrin, A. Keller et nous-mêmes (1931). Nos recherches ont commencé dans le Djebel Bichri, large bombement où l'enveloppe crétacée supérieure et nummulitique des plissements palmyréniens s'enfonce sous le Miocène de la vallée de l'Euphrate.

Le Djebel Bichri a commencé à se vouëter dès l'Éocène, en sorte que l'Oligocène y est représenté par des dépôts néritiques crayeux et sableux, rapidement changeants, contrastant avec ceux des régions tabulaires voisines.

Nous y avons reconnu, au-dessus de marnes crayeuses et de calcaires crayeux allant du Crétacé supérieur à l'Éocène supérieur, une formation gréseuse à Lépidocyclines, au sein de laquelle s'insère un banc calcaire crayeux riche en Échinides : notre banc à *Schizaster Parkinsoni* [15].

Nous avons attribué à l'Oligocène le grès à *Nephrolepidina Tournoueri* P. LEM. et R. DOUV. sous-jacent au banc à *Schizaster Parkinsoni*. Quant à ce dernier, nous le croyions burdigalien, car nous y avons trouvé six Échinides du Burdigalien typique de Malte. Il contenait aussi un *Chlamys* déterminé d'abord comme *Chl. opercularis* LMK.

M. Roger nous a indiqué qu'il s'agissait en fait de *Chl. delata* MICH. et a reconnu en outre, parmi les matériaux prélevés à ce niveau, plusieurs autres Pectens oligocènes. Nous avons repris l'étude du banc sur le terrain : en le suivant à distance, nous y avons trouvé *Nummulites Bouillei-Tournoueri* de la H. et *N. vas-cus* JOL. et LEYM. [18, 19].

Dans le grès au-dessus du banc à *Schizaster Parkinsoni* s'intercale une lumachelle à *Eulepidina elephantina* M. CH., *E. dilatata* MICH., *Ostrea Virleti* DECH. En le suivant, nous y avons trouvé aussi *N. Bouillei-Tournoueri*. A Chaffa, ses Lépidocyclines atteignent la dimension d'assiettes à dessert ; elles sont accompagnées de rares Miogypsines.

Nous considérons aujourd'hui comme oligocène toute la formation gréseuse du Djebel Bichri ; grès inférieur à *Nephrolepidina Tournoueri*, banc à *Schizaster Parkinsoni* et grès supérieur à *Eulepidina elephantina*.

Les calcaires marneux dits *calcaires de l'Euphrate* et la formation gypseuse des *Lower Fars* qui transgressent dessus sont attribués aujourd'hui unanimement à l'Helvétien.

Nous ne connaissons donc pas le Burdigalien en Syrie.

Le problème avait incité F. Roman à aller vérifier les coupes classiques de Malte et de Gozo [1938, 21, p. 59]. Les indica-

tions anciennes données par J. Cottreau [8] d'une part, et celles de F. Roman de l'autre, semblent pouvoir se résumer dans la coupe suivante (de bas en haut). :

1. LOWER CORALLINE LIMESTONE : environ 150 m de calcaire compact à Nullipores, Nummulites, *Venus Aglaurea* MAX, *Chlamys deleta* MICH, *Pecten arcuatus* BROCCCH, etc... Aquitanien. Au sommet lumachelle de *Scutella melitensis* AIRAGHI et de grandes *Eulepidina elephantina* (« banc limite »).

2. GLOBIGERINA LIMESTONE : a) bancs inférieurs : marno-calcaires à *Flabellipecten Pasinii* MENEGH, *Chlamys Cookei* de GREGORIO, Échinides nombreux (dont les six espèces du Djebel Bichri). b) couches à gros nodules phosphatés et *Chlamys Northamptoni* MICH. (de taille inférieure à la moyenne de l'espèce). c) bancs moyens et supérieurs : marno-calcaires peu fossilifères à *Chlamys latissima* var. *restitutensis* FONT., *Pecten vigolensis* SIMONELLI (?).

3. BLUE CLAYS à *Flabellipecten Koheni* FUCHS, *Am. cristatum* BRONN ; Burdigalien supérieur.

4. GREEN SAND : Sables et grès glauconieux à *Clypeaster*, *Echinolampas*, *Flabellipecten Lartetii* TOURN., *Chlamys scabrella* LMK. ; Helvétien.

5. UPPER CORALLINE LIMESTONE : calcaire grossier à *Lithothamnium* ; Helvétien.

Roman attribue à l'Oligocène le Lower coralline limestone, tout en demandant si ses assises inférieures sont stampiennes ou aquitaniennes. Il hésite à placer la base du Burdigalien au niveau à *Chlamys Northamptoni* ; toute la partie susjacente du Globigerina limestone est attribuée au Burdigalien. Les Blue clays sont assimilées au Schlier ; le Green sand et le Upper coralline limestone sont helvétiques.

Il est difficile de se rendre compte dans quel niveau précis se situent les Échinides communs avec l'Oligocène de Syrie. Cottreau dit qu'ils se trouvent dans le Globigerina limestone. On peut penser, d'après Roman, qu'ils se trouvent surtout dans sa base, sous le niveau à gros nodules de phosphate et à *Chl. Northamptoni*.

Tenant compte du croquis de la série de Gozo par Cottreau [8, p. 23] et de l'ensemble des données paléontologiques, tant de Malte et de Gozo que de Syrie, nous nous demandons si le Globigerina limestone ne devrait pas être rattaché, au moins en partie, à l'Oligocène, le Burdigalien étant représenté surtout par les Blue clays, qui ont été assimilées au Schlier.

D'autre part nous cherchons quelles formations de Syrie pourraient représenter le Burdigalien.

Une révision du problème nous paraît nécessaire.

Nous limiterons ici notre exposé des problèmes de la géologie du Levant aux questions qui se sont posées à nous avec le plus d'acuité dans la solitude des années de Guerre. Ces questions ne nous sont pas propres, des conversations avec des collègues nous ont prouvé qu'elles sont « dans l'air ». Les poser noir sur blanc, c'est, pensons-nous, contribuer à les éclaircir.

TRAVAUX CITÉS

Travaux anciens.

1. O. FRAAS. — Aus dem Orient. II. Geologische Beobachtungen am Libanon. Stuttgart, 1877, 134 p., 6 pl.
2. C. DIENER. — Libanon. Wien, 1886, 412 p., carte géolog. au 1/500.000^e, en couleurs.
3. M. BLANCKENHORN. — Syrien in seiner geologischen Vergangenheit. *Ber. d. Ver. f. Erdkunde zu Cassel*, 1891, p. 56-57.
4. — Die Strukturlinien Syriens und des Roten Meeres. *Richthofen Denkschrift*, Berlin, 1893.
5. — Der Hauptbuntsandstein ist keine echte Wüstenbildung. *Monatsber. deutsch. geol. Ges.*, 1907, Bd. 59, n° 12, p. 297-311.
6. E. W. BANSE. — Der Arabische Orient. *Aus Natur u. Geistesleben*. Leipzig, 1910.
7. H. DOUVILLÉ. — Études sur les Rudistes. *Mém. S. G. F.*, n° 41, 1919. Rudistes du Liban, p. 82-75.
8. J. COTTREAU. — Les Echinides néogènes du bassin méditerranéen. Thèse, Paris, Masson, 1913, p. 19 et 23.
9. M. BLANCKENHORN. — Syrien, Arabien u. Mesopotamien. *Handb. reg. Geol.*, 1914.
10. L. KOBER. — Geologische Forschungen in Vorder-Asien. Zur Tektonik des Libanon. *Denkschr. math.-naturw. Kl. Ak. Wiss.*, Wien, 1915, p. 419-425, pl. II-III.
11. E. KRENKEL. — Der Syrische Bogen. *Centralbl. f. Min.*, 1924, p. 274-313.

Travaux récents.

12. G. ZUMOFFEN. — Géologie du Liban. Paris, Barrère, 1926, 166 p., carte géologique au 1/200.000^e, en couleurs.
13. BAYLLEY WILLIS. — Dead Sea problem: rift valley or ramp valley? *Bull. Geol. Soc. Am.*, 1928, V, 39, p. 500.
14. E. DAVID. — Note sur l'Oligocène et le Burdigalien de la Syrie septentrionale. *CR. Ac. Sc.*, 1933, t. 196, p. 1134.
15. L. DUBERTRET. — Le Djebel Bichri. *Notes et Mémoires Sect. Géol. Syrie et Liban*, t. 1, 1934, p. 75-99.
16. H. VAUTRIN. — Contribution à l'étude de la série jurassique dans la chaîne de l'Anti-Liban. *CR. Ac. Sc.*, 1934, t. 198, p. 1438.

17. H. VAUTRIN. — Sur l'orogénèse du massif de l'Hermôn. *Ibid.*, 1934, t. 199, p. 82.
18. L. DONCIEUX, L. DUBERTRET et H. VAUTRIN. — L'Oligocène et le Burdigalien du désert de Syrie. *Ibid.*, 1936, t. 202, p. 2163.
19. L. DUBERTRET et H. VAUTRIN. — Révision de la stratigraphie du Crétacé du Liban. *Notes et Mém. Syrie et Liban*, 1937., p. 43-73.
20. L. DUBERTRET. — Au sujet de l'Oligocène et du Burdigalien en Syrie. *CR. Ac. Sc.*, 1938, t. 207, p. 1422.
21. F. ROMAN et J. ROGER. — Observations sur la faune de Pectinidés de Malte. *B. S. G. F.* (5), IX, 1939, p. 59-79.
22. E. BASSE. — Les céphalopodes crétacés des massifs côtiers Syriens. *Notes et Mém. Syrie et Liban*, t. III, 1940, p. 411-472, 9 pl.
23. L. DUBERTRET. — Carte géologique de la Syrie et du Liban au millionième. 2^e édition, Beyrouth, 1941-43, notice de 68 p.
24. — Carte géologique du Moyen-Orient au 1/2.000.000^e. Beyrouth, 1942.
25. — Le Turonien (Crétacé moyen) du Liban. *Publ. Techn. et scient. École Fr. Ing. Beyrouth (Liban)*, 1944, 7 p.
26. N. M. SHUKRI et R. SAÏD. — Contribution to the geology of the Nubian Sandstone. *Bull. Faculty of Science*, n° 25, Fouad I. Univ. Le Caire, 1945, p. 149-172.
27. *Carte géologique au 1/50.000^e de la Syrie et du Liban*. Feuilles de Tartous, Hamidiyé, Batroun, Tripoli, Djail, Qartaba Beyrouth, Zahlé, Djezzine, et de Rachaya Nord. Beyrouth, 1945.
28. *Carte géologique au 1/200.000^e, de la Syrie et du Liban*. Feuille de Tripoli. Beyrouth, 1945.
29. L. DUBERTRET. — Cartes en relief du Liban et de la Syrie. *C. R. Som. S. G. F.*, 3 février 1947.
30. — Sur la limite Nord du plateau syrien. *Ibid.*, 17 mars 1947.
31. E. DE VAUMAS. — Sur la structure de la Békaa (Liban). *CR. Ac. Sc.*, 1947, t. 224, p. 140.

LÉGENDE DE LA PLANCHE I

Orographie du système Liban, Bekaa, Anti-Liban, Damascien. Échelle 1/1.000.000^e (photographie de plan-relief).

SUR LA LIMITE SEPTENTRIONALE DU PLATEAU SYRIEN

PAR V. Stchépinsky¹.

Dans une communication², M. L. Dubertret a traité d'une question fort intéressante : la limite du plateau syrien. De l'avis même de l'auteur cette limite se place en Turquie, cependant, il

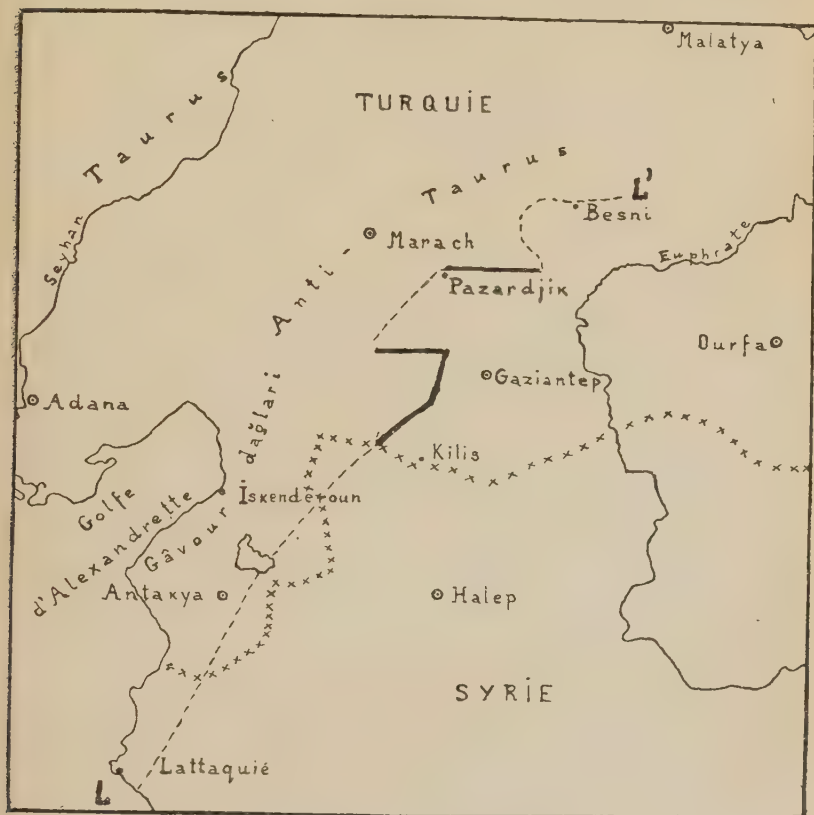


Fig. — Partie W de la limite septentrionale du plateau syrien (LL').

ne semble pas que les travaux de géologues de l'Inst. d'Ét. et de Rech. Min. de Turquie aient été pris en considération suffisante.

1. Note présentée à la séance du 5 mai 1947 et annoncée le 2 juin 1947.

2. C. R. somm. S. G. F., 17 mars, 1947.

3 février 1948.

Bull. Soc. Géol. Fr. (5), XVII. — 3

M. Dubertret déclare seulement qu'« à Marach (180 km au N d'Antioche), le contraste entre la table syrienne et l'Anti-Taurus serait, d'après L. Kober, aussi saisissant que celui que nous avons sur les rives du Tigre », et arrive à la conclusion que la limite en question se situe « selon une ligne WSW-ENE passant par Marach et laissant au S le Giaour Dagħ ainsi que la Cilicie ». Ayant été chargé d'études géologiques en Turquie pendant plus de 7 ans je me permets de présenter quelques observations, spécialement en ce qui concerne la partie W de la limite que j'ai étudiée personnellement très en détail. La Cilicie, pays taurique, ne saurait être considérée comme partie du plateau syrien : il n'y a pas de « contraste » géologique à Marach (Maras en turc), mais seulement un graben en plines serpentines de l'Anti-Taurus. A mon sens la limite en question est située beaucoup plus au SE pour des raisons à la fois stratigraphiques et tectoniques. J'en présente les preuves ci-dessous.

STRATIGRAPHIE.

M. Dubertret, dans sa note, traite presque exclusivement de la partie W, méditerranéenne, de la limite septentrionale du plateau syrien. Aussi prendrai-je comme point de départ cette région que je connais, d'autre part, personnellement. Dans le tableau ci-dessous, j'ai résumé les séries stratigraphiques de la zone de l'Anti-Taurus et de celle du plateau syrien telles que je les ai observées tant au NW (zone de Marach-Malatya) qu'au SE (zone de Gaziantep-Kilis) de la ligne que je considère comme limitant les faciès et les plis tauriques d'un côté et le faciès du plateau syrien de l'autre côté. A titre de comparaison a été portée aussi la série stratigraphique observée en *Syrie* et résumée d'après la notice de M. Dubertret (« Carte géologique de la Syrie et du Liban au millionième », 2^e éd., Délég. au Levant de la Fr. Comb., Beyrouth 1941-1943).

Parmi les faits significatifs que l'on peut déduire de ce tableau je retiendrai surtout pour le plateau syrien en général : A) la nature crayeuse de l'Oligocène et de l'Éocène supérieur. Le premier renferme de nombreux fossiles marins. (M. Dubertret écrit dans sa notice citée plus haut, p. 35 : « L'Oligocène est cependant transgressif par rapport à l'Éocène supérieur, plus franchement marin, beaucoup plus riche en faune ; il est très étendu en Syrie intérieure ».) Voir aussi ma note sur Gaziantep¹. B) le

1. L'Oligocène marin de Gaziantep (Turquie méridionale). *M. T. A.*, n° 2/30, Ankara, 1943.

faciès également crayeux du Paléocène et du Sénonien sup., à microfaunes abondantes. C) l'absence d'affleurements triasiques et paléozoïques et surtout de roches vertes si répandues dans les zones plissées de Turquie.

TURQUIE

SYRIE

	<i>Faciès de l'Anti-Taurus</i>	<i>Faciès du plateau syrien</i>	(d'après L. Dubertret)
QUATERNAIRE-PLIOCÈNE.	basaltes	basaltes	basaltes
MIOCÈNE MOYEN.....	flysch marno-gréseux gris à <i>Ostrea crassissima</i>	calcaire (<i>Echinolampas hemisphaericus</i>), marne et grès (<i>Amphiope bioculata</i>)	calcaire (<i>Ech. hemisphaericus</i> , <i>Amph. bioculata</i>)
MIOCÈNE INF.....	calcaires marneux très fossilifères	marnes crayeuses blanches fossilifères	calcaires crayeux à microfaune
OLIGOCÈNE.....	lacune (sauf en un point près Marach)	marnes crayeuses blanches marines (<i>Chlamys deleta</i> , <i>Opissaster</i>)	calcaire crayeux et marne marins (<i>Ch. deleta</i> , <i>Opissaster</i>)
ÉOCÈNE SUP.....	lacune	marnes crayeuses claires peu fossilifères	marno-calcaires crayeux fossilifères
LUTÉTIEN.....	calcaire dur à <i>Nummulites</i> très riche en macrofossiles	calcaire dur à <i>Nummulites</i>	calcaire à <i>Nummulites</i>
PALÉOCÈNE.....	calcaire à <i>Flosculina</i> ; marnes à macrofossiles	marnes crayeuses à Foraminifères	marnes et calcaires à <i>Nummulites</i>
SÉNONIEN.....	flysch et calcaire récifal très riches en Rudistes du Maestrichtien; calcaire à <i>Inoceramus</i> du Campanien; calcaire dur à <i>Ostrea</i> du Sén. inf.	alternance fine marno-calcaire à microfaune	marnes crayeuses à microfaune du Maestrichtien (avec Rudistes en un point); calcaire à <i>Ostrea</i> du Campanien
CRÉTACÉ MOYEN.....	généralement lacune; calcaire turonien en un point	invisible	calcaire, dolomie, grès fossilifères (Albien - Turonien)
CRÉTACÉ INF.....	lacune	invisible	néritique
JURASSIQUE.....	lacune	invisible	bien développé au Liban
TRIAS.....	calcaire gris fossilifère	invisible	invisible
PALÉOZOÏQUE.....	grès, calcaire, quartzite et schistes lustrés	invisible	invisible
ROCHES DE MASSIF.....	roches vertes	manquent	manquent

A environ 500 km à l'E des Hatay dağlari (= Nour d. = Amanos d. = Gâvour d.) situées dans la région de Marach-Isken-deroun (Alexandrette) l'arc, convexe vers le N, dessiné par les pré-plis tauriques, qui à son extrémité orientale atteint à nouveau la frontière turco-syrienne, montre un Paléozoïque et un Trias pareils à ceux des Gâvour dağlari. C'est la région de Djizré (Djeziret), située sur le Tigre.

TECTONIQUE.

Reprenons la région qui nous a servi de base pour l'étude stratigraphique. Dans la zone de Marach, en pleine région plissée de l'Anti-Taurus, on voit des plis orientés SW-NE dont les charnières sont renversées vers la Syrie. A Marach même le Lutétien est charrié sur l'Helvétien vers le SE ; le pendage du Paléozoïque est NW, le flysch et le calcaire récifal à Rudistes maestrichtiens plongent également vers le NW et les roches vertes dont l'âge est maestrichtien, sont bien développées. A l'Est des Gâvour dağlari, de l'autre côté du « graben » de Marach — Islâhiyé orienté NNE-SSW parallèlement aux montagnes, la région est surtout formée de roches vertes (serpentes) et de flysch plissé à Rudistes maestrichtiens.

A 20 km au NW de Kilis (ville turque située à la frontière), une faille longitudinale par rapport à la limite que nous étudions sépare nettement le flysch et le calcaire récifal à Rudistes, au NW et une alternance fine marno-calcaire à microfaune, bien litée, au SE. Plus au N, à 15 km à l'W de Gaziantep (Aintab) une série de longues failles parallèles très rapprochées entre elles limite le flysch sénonien plissé et développé à l'W et la région tertiaire quasi-tabulaire (légèrement vallonnée) de Gaziantep à l'E. C'est là que l'on trouve un contraste tectonique remarquable : les derniers plis tauriques extérieurs (formés, à cet endroit, de Maestrichtien) renversés et butant contre le plateau arabe soulèvent le bord de ce dernier, de sorte que les calcaires lutétiens du plateau qui affleurent en contact anormal (failles citées ci-dessus) s'enfoncent doucement, mais régulièrement, vers l'E. Tout ceci est l'effet de la poussée de la zone taurique vers le plateau syrien dont le bord constitue un obstacle rigide. C'est cette poussée qui donne aux plis de l'Anti-Taurus leur pendage général vers le NW dans la région qui nous intéresse.

CONCLUSIONS.

En prenant pour base la carte géologique rédigée par M. Dubertret (en ce qui concerne le tronçon syrien de la limite que nous étudions) et mes propres observations en Turquie, j'arrive aux conclusions suivantes : dans sa partie occidentale la limite entre la zone plissée taurique et le plateau syrien (dans le sens géologique de ce terme) suit une ligne qui, depuis Lattaquié au bord de la Méditerranée (roches vertes bien développées) remonte vers le N en passant légèrement à l'E d'Antakya (Antioche) ; elle prend ensuite une direction NE et traverse la frontière à 25 km à l'W de Kilis ; plus loin (direction N) à 15 km à l'W de Gaziantep (Aïntab) elle suit le bord oriental de la vallée de l'Afrin deresi ; à quelques km au N du parallèle de Gaziantep, elle fait un grand crochet vers l'W en longeant une faille transversale E-W, s'infléchit ensuite de nouveau vers le NE jusqu'à Pazardjik où une autre grande faille à peu près transversale la ramène vers l'E ; puis elle remonte vers le N jusqu'au parallèle de Besni et tourne brusquement vers l'E pour passer par cette ville.

Ainsi donc, la ville de Marach, les Gâvour dağları et bien entendu la Cilicie se trouvent au NE du plateau syrien, dans la zone plissée taurique. *J'insiste sur le large développement des roches vertes à Lattaquié comme dans les zones plissées de Turquie et sur leur absence dans le domaine du « plateau syrien »*. Il serait inexact d'admettre qu'elles proviennent des cassures dans la bordure du plateau syrien : leur domaine commence immédiatement au N de la limite du plateau et s'étend jusqu'à la Mer Noire. On les retrouve en Grèce. Je suis d'accord avec M. Dubertret en ce qui concerne l'origine sous-marine, en certains cas, des émissions maestrichtiennes des roches vertes. Déjà en 1943 (cf. *op. cit.* sur Marach-Gaziantep) j'avais indiqué, qu'entre Marach et Gaziantep, le grès du flysch maestrichtien est riche en grains de ces roches serpentinisées, mais qu'en même temps les calcaires récifaux inclus dans ce flysch sont localement métamorphisés (zones ferrugineuses) au contact avec les serpentines.

J'espère que mon exposé, basé sur des recherches détaillées et des faits observés, contribuera à élucider la question de la limite septentrionale du plateau syrien, au moins dans sa partie occidentale.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- M. BLUMENTHAL. — Die Grenzzone zwischen syrischer Tafel und Tauriden in der Gegend des Amanos (Türkisch-Syrisches Grenzgebiet). *Ecl. Geol. Helv.*, v. 31, n° 2, Bâle, 1938.
- P. ARNI. — Tektonische Grundzüge Ostanatoliens und Benachbarter Gebiete. *Publ. Inst. Et. et Rech. Min. Turquie*, ser. B, Mem. 4, Ankara, 1939.
- E. PARÉJAS. — La tectonique transversale de la Turquie. *Rev. Fac. Sc. Univ. Istanbul*, t. V, Istanbul 1940.
- V. STCHÉPINSKY. — Géologie de la région de Maraş-Gaziantep. *Rev. M. T. A.*, n° 1/29, Ankara, 1943.
- Géologie et Ressources minérales de la région de Malatya: *Ibid.*, n° 1/31, Ankara, 1944.
-

INFRASTRUCTURE DES ALPES ET TREMBLEMENT DE TERRE DU 25 JANVIER 1946

PAR N. Oulianoff¹.

Le 25 janvier 1946, en Suisse, un violent séisme avait affecté la région de Sierre-Montana, dans le Haut-Valais. Le choc en a été ressenti à des centaines de kilomètres de l'épicentre. De nombreuses répliqués se succédèrent pendant plusieurs mois encore.

Dès le 26 janvier j'ai entrepris, avec l'aide de quelques-uns de mes élèves, une enquête dans la région la plus éprouvée par ce désastre. Cette enquête a été complétée par le déchiffrement d'un certain nombre de séismogrammes. Le but de la présente note est de communiquer l'interprétation géologique des résultats de ces études en tenant compte de la structure du soubassement des Alpes dans la région des massifs cristallins du Mont-Blanc et de l'Aar.

Pour mieux faire comprendre la portée des observations recueillies, je trouve utile de rappeler ici, brièvement, l'état actuel de nos connaissances du substratum cristallin des Alpes.

Voici comment M. Gignoux ([1], p. 185) classe, dans le temps, les éléments essentiels de ce substratum :

On trouve dans la zone externe, ou des massifs cristallins anciens, des fragments de la chaîne hercynienne englobés plus tard dans les plissements alpins. Des lambeaux de Houiller sont réduits à du Stéphanien (avec le sommet du Westphalien) : il est en discordance sur son substratum ancien et surmonté lui-même en discordance par le Trias. Naturellement tout cela a été repris par les plis alpins du Tertiaire.

On voit, par conséquent, que les masses rocheuses visibles forment, d'après Gignoux, trois groupes stratigraphiquement distincts.

J'ai pu démontrer [2] que la série cristallophylienne du massif du Mont-Blanc contient des zones conglomératiques. Leur matériel détritique provient de la destruction d'une ancienne chaîne de montagnes. Toutefois, il est absolument impossible de déterminer la date de l'orogénèse qui a créé cette chaîne.

1. Note présentée à la séance du 20 janvier 1947.

Plaçons maintenant, dans l'ordre chronologique, les masses rocheuses de la région, qui retiendra, par la suite, notre attention.

1) Roches de nature inconnue, ayant l'aspect de schistes cristallins, si l'on en juge d'après les cailloux roulés incorporés dans les formations conglomératiques plus jeunes.

1 a) Plissement ancien (hurorien ?). La destruction de cette chaîne a fourni le matériel détritique à la sédimentation qui lui succéda.

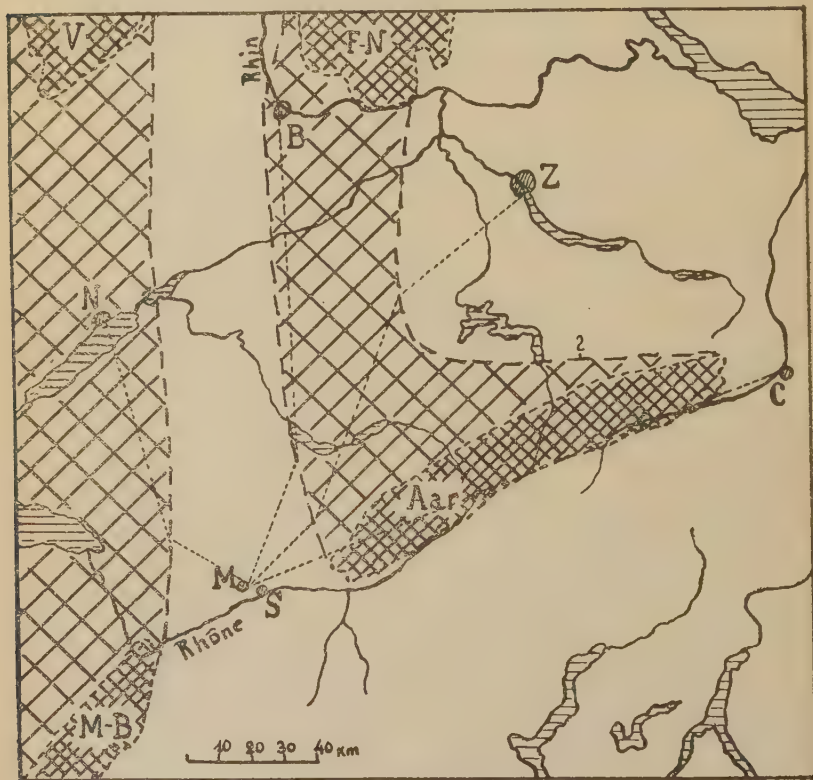


FIG. 1. — Carte schématique de la région des massifs du Mont-Blanc et de l'Aar.

M-B : massif du Mont-Blanc ; Aar : massif de l'Aar ; V : massif des Vosges ; F-N : massif de la Forêt-Noire.

N : Neuchâtel ; B : Bâle ; Z : Zurich ; C : Coire ; M : Montana ; S : Sierre.

Hachure croisée serrée : massifs granitiques visibles. *Hachure croisée espacée* : massifs granitiques cachés par la couverture de matériel alpin. *En blanc* : zones de schistes cristallins visibles ou recouverts du matériel alpin. *Pointillé fin* : rayons sismiques (hypothétiques) dans les directions de Neuchâtel, de Bâle, de Zurich et de Coire.

2) Cette sédimentation a été abondante et de caractère varié. Par l'effet du métamorphisme les roches ont été transformées en parashistes. L'analyse des parashistes permet de conclure que les sédiments contenaient des formations conglomératiques, gréseuses, argileuses, marneuses, dolomitiques et calcaires.

La recristallisation totale de cette série sédimentaire a détruit tous les fossiles.

2 a) Survint, ensuite, une nouvelle période de plissement (calédonien ? Voir plus loin, alinéa 3 a). Cette orogénèse était d'une puissance exceptionnelle. En outre, elle était suivie de la mise en place des grands massifs granitiques du Mont-Blanc et de l'Aar.

Pendant leur mise en place, ces masses granitiques ne sont pas apparues à la surface à l'état igné. Par contre, elles ont laissé pénétrer, dans les roches encaissantes, tout un cortège de filons d'injections, grands et petits, auxquels se rattachent de vastes zones de métamorphisme de contact. Cette dernière espèce de métamorphisme a complété et accentué les effets du métamorphisme régional qui avait déjà profondément affecté toute la série des roches du complexe en question.

3) La destruction de la chaîne (2 a) n'a pas été accompagnée d'un mouvement épirogénique, ni d'une transgression. On ne constate des formations notables de bassins de sédimentation qu'au sommet du Westphalien. Et encore, il ne s'agit là que de chapelets de lacs. La sédimentation ne s'est pas produite dans un seul grand bassin [3]. Elle ne pouvait être, dans ces conditions, que de nature détritique. En effet, ce complexe est formé de conglomérats à gros et à petits éléments, de grès de schistes gréseux et de schistes ardoisiers. Par places, ces roches sont lardées de minces lits de charbon.

Pour la même raison, la puissance de ce complexe varie considérablement d'une place à l'autre. Tantôt elle tombe à zéro pour atteindre ailleurs des centaines de mètres.

Ces roches contiennent des plantes fossiles, ce qui a permis d'établir leur niveau stratigraphique. Elles appartiennent au (Westphalien supérieur) — Stéphanien — Permien.

Il faut encore relever l'absence des manifestations particulières du métamorphisme dans les roches de ce complexe carbo-permien, qui repose, en discordance, sur son substratum de roches cristallophylliennes.

Ces dernières, comme je l'ai dit plus haut, sont, par contre, profondément métamorphisées.

3 a) Au Permien, le complexe 2-3 a passé par une période de plissement (hercynien) qui a froissé les couches du Carbonifère et du Permien de façon à en former une série de synclinaux pincés.

Le substratum cristallin avait pris part à cette orogénèse, mais étant trop rigide il se cassait en lames ou en coins qui glissaient les uns sur les autres en produisant des zones d'écrasement, de mylonitisation.

Ce plissement hercynien n'a été accompagné que par de très faibles et sporadiques injections de roches ignées.

Ici nous devons revenir à la question de la date à attribuer au plissement 2 a. Dans la littérature géologique, la tradition s'est établie de le considérer comme plissement hercynien du premier stade, réalisé, par conséquent, au Carbonifère. Le plissement 3a devenait ainsi plissement hercynien du second stade. Il n'existe aucun argument stratigraphique en faveur de l'attribution du terme « hercynien » au plissement 2 a. Par contre, la comparaison de l'état très avancé du métamorphisme dans le complexe 2, avec l'absence presque totale de métamorphisme dans le complexe 3 oblige d'admettre qu'une longue période séparait les époques de formation de chacun de ces complexes.

Il n'existe pas non plus de preuves stratigraphiques pour désigner le plissement 2 a comme calédonien. Mais je considère plus logique d'employer cette désignation que d'intercaler une période spéciale d'orogénèse, qui resterait elle aussi, sans justification stratigraphique.

4) La destruction de la chaîne hercynienne 3a est accompagnée, dès le début du Trias, d'une lente transgression.

L'accumulation des sédiments, marins pour la plupart, continue pendant tout le Secondaire et une partie du Tertiaire. Le métamorphisme régional n'atteint ces formations qu'à un faible degré. Notons encore l'intercalation de quelques lits de produits volcaniques (grès de Taveyannaz, p. ex.).

4 a) L'orogénèse alpine, dont les plis précurseurs apparaissent déjà au Secondaire, est à son paroxysme à l'Oligocène. Le matériel jeune et relativement plastique a participé alors, pour la première fois, aux déplacements produits par ce mouvement tectonique. Il a été violemment plissé.

En résumant ce bref exposé de l'histoire des roches que l'on rencontre dans notre région, nous arrivons aux constatations suivantes :

A) Le matériel du complexe 1 n'est connu que d'une manière fragmentaire. Je n'en tiendrai plus compte, dans la suite.

B) Le matériel du complexe 2 est abondant. Il est très varié au point de vue de sa composition pétrographique. Lors de l'orogénèse calédonienne (?) (voir plus haut alinéa 2 a) ce matériel avait été énergiquement plissé et abondamment injecté, à la suite de la mise en place, dans les zones anticlinales, des masses granitiques.

Plus tard ce même matériel avait été repris par l'orogénèse hercynienne (voir alinéa 3 a). Cependant les roches du complexe 2, étant déjà consolidées par une intense recristallisation, ne se prêtaient plus à la formation des plis, mais se cassaient en blocs, séparés par des failles.

De même ces masses de roches métamorphiques et cristallines

s'opposaient au plissement lors de l'orogénèse alpine, qui dépassait de beaucoup, en puissance, l'orogénèse hercynienne. Elles se cassaient alors en lames, grandes et petites, épaisses ou minces et se déplaçaient, en glissant les unes sur les autres, ce qui déterminait l'apparition d'innombrables zones d'écrasement.

Je désignerai plus loin, les roches de ce complexe sous le nom de *matériel ancien*.

C) Le troisième complexe englobe les roches du Carbonifère et du Permien, nettement déterminables comme tels, grâce à la présence de plantes fossiles. Ces roches ont été plissées, pour la première fois, lors de l'orogénèse hercynienne (voir alinéa 3 a). Je donnerai aux roches de ce complexe le nom de *matériel hercynien*. La sédimentation carbonifère n'a pas été abondante. D'autre part, le faciès des roches triasiques fait admettre que la chaîne hercynienne avait subi une érosion considérable. Ainsi, les plis du Carbonifère ne sont plus en nombre. Et ceux que l'on voit sont séparés par de larges zones anticlinales de matériel ancien.

Il en résulte que l'on ne remarque pas une grande différence entre le matériel ancien et le matériel hercynien, par rapport à la couverture des roches du Secondaire et du Tertiaire.

D) Enfin, le quatrième complexe formé de roches sédimentaires mésozoïques et tertiaires n'a pris part qu'à une seule orogénèse. Ce complexe, que je désignerai comme *matériel alpin*, recouvre le soubassement ancien. L'épaisseur de cette couverture n'est pas considérable. On peut l'estimer, en moyenne, d'une puissance de 1 à 4 km. Elle masque presque complètement le soubassement des Alpes à l'exception de quelques massifs cristallins isolés.

L'analyse détaillée des conditions géologiques dans ces massifs a permis de reconnaître leur ancienne structure et de reconstituer leur plan tectonique antéalpin.

Examinons brièvement le progrès de ces investigations.

Dans un mémoire consacré par A. Demay à la synthèse de la chaîne hercynienne d'Europe [4] nous lisons (1^{re} partie, p. 192):

« L'évolution stratigraphique du géosynclinal hercynien est étudiée à partir des temps cambriens, c'est-à-dire à une époque qui, au sens strict du mot, comprend d'abord le cycle calédonien. Cette méthode est imposée par le fait que dans la plus grande partie de la zone géosynclinale européenne des temps paléozoïques, l'orogénèse calédonienne est souvent peu sensible ou même réduite à une répercussion stratigraphique et que, là même où elle est importante, l'enfoncement géosynclinal reprend très vite et que le plan reste le même avant et

après les mouvements calédoniens. On peut dire que dans le géosynclinal hercynien la phase calédonienne semble être seulement une phase hercynienne précoce. »

J'ai fait cette longue citation du travail de A. Demay, car elle est caractéristique pour la psychologie des observateurs : souvent ils se laissent impressionner par la puissance des manifestations de l'orogénèse jeune, au détriment de l'orogénèse ancienne, si cette dernière ne subsiste que sous forme de vestiges « archéologiques. »

Cette même tendance était générale, aussi, parmi les géologues alpins. On en rencontre, même actuellement, des exemples fréquents. Les premières tentatives d'étude du soubassement du matériel alpin, au point de vue de sa tectonique, étaient toujours influencées par la formidable géométrie alpine. L'orientation des anciens massifs, massifs anté-alpins, était considérée comme concordant parfaitement avec l'orientation de la chaîne alpine actuelle. La reconstruction des anciens massifs se faisait d'après les lignes directrices du massif alpin.

En réalité cette conception est erronée. Dans notre région, les lignes directrices des anciennes tectoniques diffèrent considérablement de celles qui caractérisent le plan alpin.

Je l'avais déjà indiqué en 1923, dans mon étude géologique consacrée au massif de l'Arpille [5]. Pendant les années suivantes, j'ai eu de nombreuses occasions de contrôler et de compléter mes premières investigations dans le domaine des tectoniques anté-alpines du soubassement des Alpes actuelles. L'étude de ces tectoniques était particulièrement favorisée par les conditions des affleurements dans les massifs du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges [5]. Pour cette raison P. Corbin et moi-même, nous avons entrepris de lever une carte géologique détaillée au 1/20.000^e de la partie française de ces massifs [6] et la Commission géologique suisse, de son côté, m'avait confié l'étude de la partie suisse du même massif et de ses abords.

En laissant de côté divers détails et en généralisant les résultats des études déjà obtenus, nous pouvons résumer nos observations, quant à l'orientation des lignes directrices, de la façon suivante :

- 1) NS pour le plissement ancien,
- 2) N (20°-30°) E pour le plissement hercynien,
- 3) NE pour le plissement alpin.

Ainsi, les massifs actuels du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges formaient, avant le plissement alpin, un seul et unique

bloc. Il en était de même pour les massifs de l'Aar et de Gastern.

Par conséquent, il n'y avait, dans notre région, avant la formation des Alpes, que deux (et non pas quatre) massifs cristallins. Chacun d'eux possédait un noyau granitique. L'orientation de leurs axes était approximativement NS. Une large dépression à axe NS séparait, au Carbonifère, les deux massifs. Les sédiments gréseux et argileux la comblèrent peu à peu. L'orogénèse hercynienne plissa ce Carbonifère. Il se forma ainsi une zone de roches d'une rigidité sensiblement inférieure à celle du Cristallin des deux massifs qui limitaient, à l'E et à l'W la dite dépression, le massif du Mont-Blanc-Aiguilles Rouges et le massif de l'Aar-Gastern.

Les axes granitiques de ces deux massifs sont orientés suivant le méridien. Les enclaves qui nagent dans le granite et les gros cristaux de feldspath ont la même orientation. La cristallisation du granite lui-même s'est effectuée sous l'influence d'une forte pression orientée.

La question se pose : pourquoi voyons-nous les grands massifs granitiques du Mont-Blanc et de l'Aar orientés NE-SW, au lieu de présenter une orientation vers le N ?

Il en faut chercher l'explication dans le jeu des tectoniques superposées et croisées.

Le granite, à l'état déjà consolidé, après le plissement ancien (2 a) était resté longtemps sous sa couverture de schistes cristallins et de roches sédimentaires, formant les noyaux anticlinaux des massifs à orientation NS. Seulement au Tertiaire, dans une poussée orogénique suprême, *une partie* de la masse granitique s'est élevée des tréfonds. Ce déplacement, dont la dénivellation est bien de 5 ou 6.000 m, n'a pu se produire sans que le granite se cassât en nombreuses lames, à direction NE-SW, c'est-à-dire perpendiculaires à la poussée orogénique. Le dynamométamorphisme qui en résulta atteint, dans toute sa masse, le granite des massifs du Mont-Blanc et de l'Aar. Il est rare d'en récolter un échantillon qui ne soit pas caractérisé, à un certain degré, par l'écrasement, reconnaissable à l'œil nu, ou du moins sous le microscope. La mylonitisation n'est pas partout la même. Le commencement de l'écrasement ne se manifeste que par l'apparition de cassures soulignées par l'épidotisation. Mais, dans d'autres cas, l'écrasement est particulièrement intense. Il s'agit, alors, de zones larges (plusieurs mètres) et souvent très longues (plusieurs kilomètres). Cependant, leur orientation est d'une constance remarquable, restant parallèle aux axes de plis alpins.

Deux zones de fortes dislocations doivent retenir notre attention : l'immense zone complexe de Chamonix-Loetschental et la zone du Val Ferret italien — partie supérieure de la vallée du Rhône — vallée d'Urseren (Andermatt). Les puissantes lames du granite du Mont-Blanc, d'une part, et de l'Aar, de l'autre, limitées par ces deux zones ont été surélevées avec une violence extrême. Mais vers le N de la zone de Chamonix-Loetschental cette composante verticale de la poussée orogénique s'atténue rapidement. Le granite appartenant au dorsal du Mont-Blanc, dans sa continuation vers l'avant-pays, de même que celui du dorsal de l'Aar, étant restés sous la couverture des schistes cristallins et des roches sédimentaires présentent un raccordement avec les massifs des Vosges et de la Forêt Noire. Il est évident que l'on ne peut attribuer à cette dernière affirmation une valeur absolue, l'observation géologique directe étant impossible à cause de la couverture de matériel alpin.

Par quels moyens le géologue pourrait-il poursuivre ses investigations ? Il devrait s'adresser aux méthodes de géophysique appliquée.

Dans notre cas, la méthode sismique serait tout indiquée. Mais on comprend qu'un tel projet ne peut être que théorique, car un simple calcul démontre l'impossibilité matérielle de pareilles recherches.

Le tremblement de terre du 25 janvier 1946 suivi d'une longue série de répliques présenta une occasion inattendue de scruter la région qui nous occupe, dans ses profondeurs.

Le recoupement des divers renseignements situe entre Montana et Sierre l'épicentre du choc sismique du 25 janvier 1946 (voir fig. 1). Les conditions dans lesquelles les principales répliques se sont manifestées durant la première moitié de 1946 ont permis d'admettre que l'épicentre se maintenait toujours dans la même région.

Les stations sismographiques permanentes les plus rapprochées de cet épicentre se trouvent en Suisse, notamment à Neuchâtel, à Bâle, à Zurich et à Coire.

Cette disposition rappelle, dans la sismique appliquée, la méthode australienne de la distribution des sismographes par rapport au point d'explosion. C'est la disposition en éventail. L'ouverture de ce dernier, c'est-à-dire l'angle entre le rayon foyer — Neuchâtel et le rayon foyer — Coire est, en chiffres ronds, de 97° . Les angles intermédiaires sont, également en chiffres ronds : 31° entre Neuchâtel et Bâle, 33° entre Bâle et Zurich, 33° entre Zurich et Coire.

Les distances, à 1-3 km près, sont : de l'épicentre à Neuchâtel — 88 km, à Bâle — 137 km, à Zurich — 144 km et à Coire — 164 km.

L'analyse d'un certain nombre de séismogrammes de ces quatre stations m'a permis d'établir que tout choc se manifestait par plus d'une phase. Par conséquent, les oscillations provenant d'un choc donné arriveraient par plusieurs voies à l'appareil enregistreur. Mohorovicic a été le premier à découvrir sur les séismogrammes des tremblements de terre proches, les phases qui se rapportent à la structure de la croûte terrestre. H. Jeffreys, A. de Quervain, B. Gutenberg et tout particulièrement E. Wiechert et son école de Göttingue ont apporté de nombreuses contributions à ce chapitre de la séismologie [7].

Dans une autre publication [8] j'expose brièvement quelques résultats obtenus par ces savants. Retenons ici une seule particularité de leurs interprétations. Ils arrivent à constater l'hétérogénéité du matériel qui compose la croûte terrestre. Mais toujours, ils admettent que les diverses roches pétrographiquement individualisées sont distribuées, dans l'espace, par couches à surfaces de séparations horizontales.

Cette manière de représenter la structure de la croûte terrestre est commode pour les géophysiciens, car elle simplifie de beaucoup les calculs lorsqu'ils doivent déchiffrer les séismogrammes.

On ne peut rien dire contre cette conception, s'il ne s'agit que de la première approximation.

Mais le géologue-tectonicien ne peut admettre, sans réserve, ce modèle simplifié de la croûte terrestre. Pour lui, les grandes chaînes des montagnes ne sont pas des rides de la surface. Pour qu'une chaîne de montagnes eût pu s'élever à plusieurs milliers de mètres au-dessus du niveau de la mer, il fallait que des masses rocheuses de la croûte terrestre fussent remuées jusqu'à de très grandes profondeurs.

« La limite Sial-Sima se brouille par compénétration multiple et intrusive le long de zones orogéniques. » (Raguin) [9].

Les inscriptions des répliques du séisme du 25 janvier 1946 ont permis de considérer pour le moins trois phases pour chacun des chocs. La phase la plus lente (P_1)¹ correspond au cheminement des ondes séismiques dans le matériel alpin composé des roches marneuses, argileuses et molassiques à faible élasticité. Les deux autres phases (P_2 et P_3), plus rapides, correspondent

1. J'utilise ici la notation de Wiechert [7]. Voir à ce sujet ma publication antérieure [8].

aux oscillations qui passent par des zones composées de roches plus denses, plus compactes.

Divers auteurs [7] sont arrivés à la conclusion que, plus la station d'enregistrement est éloignée de l'épicentre, plus grande est la vitesse apparente qui la caractérise. Cela ne serait que naturel dans le cas d'une croûte terrestre formée d'une superposition de couches horizontales.

Or, dans notre cas, cette relation est inverse.

J'ai donné, dans ma publication antérieure [8], quelques détails concernant la discussion des séismogrammes et je ne reproduis ici que les résultats des calculs ¹ qui se rapportent à la vitesse des ondes longitudinales de la phase P_2 :

Station d'enregistrement	Distance jusqu'à l'épicentre	Vitesse apparente des ondes longitudi- nales de la phase P_2
Neuchâtel (moyenne de 3 séis- mogrammes).	88 km	6,30 km/sec
Bâle (moyenne de 9 séismo- grammes).	137 km	6,10 km/sec
Zurich (moyenne de 4 séismo- grammes).	144 km	5,46 km/sec
Coire (moyenne de 5 séismo- grammes).	167 km	5,97 km/sec

On voit que des trois premières stations, Neuchâtel, Bâle et Zurich, la plus rapprochée de l'épicentre, Neuchâtel, est caractérisée par la plus grande vitesse, et la station la plus éloignée Zurich, par la moindre. Par conséquent, l'influence de la distance, dans cette région, est nettement dominée par l'influence de l'hétérogénéité du milieu et surtout par les particularités de la structure géologique qui résulte des mouvements tectoniques.

La grande vitesse de la propagation des ondes longitudinales de la phase P_2 dans la direction de Neuchâtel, oblige de considérer que ces ondes passent dans un milieu d'élasticité qui correspond à celle des granites. Le dorsal granitique du Mont-Blanc — Aiguilles Rouges, formé pendant le plissement ancien (2a), se prolonge, selon toute évidence, dans la direction de Neu-

1. Dans ces calculs a été utilisé le rapport théorique des vitesses des ondes longitudinales et des ondes transversales $V_L : V_T = 1,73$.

châtel. De même, il est plus que probable que ce dorsal continue plus au N, formant, de la sorte, une liaison entre les massifs cristallins, actuellement visibles, du Mont-Blanc et des Vosges.

Les conditions séismiques dans la direction de Bâle ne sont pas tout à fait identiques à celles de Neuchâtel. Malgré l'augmentation sensible de la distance (l'épicentre — Bâle = 137 km contre l'épicentre — Neuchâtel = 88 km) la vitesse apparente de la même phase P_2 tombe à 6,10 km/sec au lieu de s'accroître, comme cela aurait été logique dans le cas de l'hypothèse des couches horizontales. Toutefois, la vitesse de la propagation des ondes séismiques dans la direction de Bâle reste encore si grande que l'on doit bien admettre qu'il n'y a pas de rupture de continuité dans la zone granitique entre le massif de l'Aar et celui de la Forêt-Noire. Ce second dorsal granitique, longe, à l'E, la dépression tectonique qui est jalonnée, au S, par les massifs du Mont-Blanc et de l'Aar et, au N, par ceux des Vosges et de la Forêt-Noire. Ébauchée pendant l'orogénèse ancienne (2 a), cette dépression a été encore accentuée à deux reprises : lors du plissement hercynien (3 a) et lors du plissement alpin (4 a).

Récemment, J. Goguel [10] a entrepris de présenter les éléments de la tectonique de fond dans la zone externe des Alpes. Il s'agit là de la tectonique alpine, Mais sa synthèse fait ressortir aussi quelques éléments des tectoniques anciennes, notamment dans les cas que j'ai désignés par le terme de *tectonique rajeunie* [3 — « Superposition des tectoniques... »]. Sous l'impulsion de l'orogénèse jeune, les éléments des anciennes tectoniques se raniment, les zones anticlinales et synclinales anciennes reprennent de vigueur, et le matériel de couverture, plus maléable, est forcé de s'adapter aux exigences de l'ancienne tectonique rajeunie ¹. On trouve sur la « carte des affaissements oligocènes péri-alpins » du travail de J. Goguel quelques cas instructifs du phénomène de rajeunissement. L'orientation de ces affaissements correspond aux lignes directrices du plissement 2 a (plissement calédonien (?) de notre région), pendant lequel le matériel ancien du complexe 2 a pris part au mouvement orogénique pour la première fois.

Les deux autres stations séismographiques, Zurich et Coire, ont enregistré des vitesses apparentes (toujours pour la phase P_2) plus faibles que celles qui caractérisent les directions de Neuchâtel et de Bâle. Les raisons n'en sont pas les mêmes dans les deux cas.

1. Quelques faits intéressants, sous ce rapport, sont communiqués dans une note de G. Dubois [11].

3 février 1948.

Les ondes séismiques se propagent, entre le foyer et la station de Coire, sur la plus grande partie de cette distance, par le massif de l'Aar, qui est un massif granitique. On est en droit de se demander alors : pourquoi la vitesse moyenne dans la direction de Coire est-elle plus faible que celle de la direction de Neuchâtel ?

Nous avons déjà vu, plus haut, que la surélévation du granite de l'Aar s'est produite grâce à un jeu de multiples failles qui avaient découpé la masse granitique en nombreuses lames. Les rayons séismiques entre le foyer et Coire, sont orientés parallèlement à la schistosité déterminée par cet écrasement. Or, dans les roches à structure anisotrope, la transmission des ondes séismiques se fait plus lentement suivant le plan de la schistosité que dans le sens perpendiculaire. La zone de Chamonix-Loetschental marque approximativement la limite des massifs granitiques surélevés pendant le plissement alpin. Au NW de cette zone l'effet de l'écrasement du granite s'atténue rapidement.

Assurément, les ondes séismiques qui se propagent dans la direction de Zurich, rencontrent le dorsal granitique de l'Aar-Forêt-Noire. Ce granite, se trouvant au NW de la zone d'écrasement alpin est resté plus compact que celui du massif de l'Aar. Et les ondes séismiques passent par cette masse granitique avec une vitesse comparable à celle que nous constatons pour les directions de Neuchâtel et de Bâle. Or, sur le parcours total entre le foyer du séisme et Zurich, la vitesse moyenne est sensiblement plus faible. Cela ne peut s'expliquer que par une forte diminution de la largeur du dorsal granitique dans sa prolongation au N du massif de l'Aar. A l'E de ce dorsal, se trouverait, sous la couverture du matériel alpin, une zone de schistes cristallins anciens pareille à la zone située entre les massifs du Mont-Blanc et de l'Aar. Dans cette série cristallophylienne, la transmission des ondes séismiques subit un ralentissement qui abaisse jusqu'à 3,46 km/sec la vitesse apparente moyenne.

Il serait hasardeux d'entreprendre ici les recherches des causes directes du séisme du 25 janvier 1946. Il n'y a aucun doute quant à son origine tectonique. Toutefois, nous n'avons pas assez d'arguments pour choisir entre l'hypothèse de la continuation de l'orogénèse alpine et l'hypothèse d'un affaissement provenant d'une adaptation à l'équilibre isostatique. On pourra reprendre cette question lorsque le contrôle du nivellement de précision sera effectué dans la région de Sierre-Montana, ce que, de mon côté, j'ai recommandé vivement d'entreprendre.

Pour cette raison je ne puis suivre J.-P. Rothé dans son essai de donner une base tectonique à une synthèse de la sismicité des Alpes Occidentales [12]. C'est avec un intérêt compréhensible qu'on suit son esquisse (pp. 73-78), mais on doit constater, que malgré toute la documentation dont nous disposons nous ne nous considérons pas en droit d'entrer dans la discussion de ces questions.

Avec le temps, grâce à l'activité des stations sismographiques, les renseignements gagneront de plus en plus en précision. Cependant, il faudra encore patienter avant que d'aborder le problème délicat de la cause directe de chaque séisme.

Mais dès à présent déjà, comme nous l'avons vu plus haut, les quatre sismographes suisses fournissent d'importants renseignements qui permettent de compléter, fort utilement, les analyses géologiques de l'infrastructure des Alpes.

BIBLIOGRAPHIE

1. M. GIGNOUX. — Géologie stratigraphique. Masson, Paris, 1926.
2. N. OULIANOFF. — Sur le plissement ancien dans le massif du Mont-Blanc. *C. R. XIV^e Cong. géol. inter. Madrid*, 1929.
3. E. RENEVIER. — Monographie géologique des Hautes Alpes vaudoises et parties avoisinantes du Valais. *Matériaux carte géol. Suisse*. Livr. XVI, 1890.
4. A. DEMAY. — Contribution à la synthèse de la chaîne hercynienne d'Europe. I. Évolution stratigraphique et orogénique du géosynclinal hercynien: *Rev. de Géog. Phys. et de Géol. Dyn.*, octobre 1934, p. 191.
— Contribution à la synthèse de la chaîne hercynienne d'Europe. II. Étude du plan axial de l'évolution et de l'orogénèse hercyniennes. *B. S. G. F.* (5), IV, p. 311, 1934.
5. M. LUGEON. — Trois tempêtes orogéniques. *Livre jubilaire S. G. F.*, 1930, p. 499.
- N. OULIANOFF. — Le massif de l'Arpille et ses abords. Avec 11 fig. d. le texte, une carte en coul. et 2 pl., 66 p. *Matériaux Carte géol. Suisse*. (Nouv. sér.), 54^e livr., 1924.
— Sur quelques failles et quelques zones de mylonite dans le massif du Catogne (Valais). *Ecl. géol. Helvetiae*, vol. 23, 1930, p. 31.
— Origine des amphibolites et tectonique des anciens massifs. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, vol. 58, 1934, p. 231. Lausanne.
— Massif hercynien du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges. *Guide géol. Suisse*, 1934, fasc. II, p. 121.
— Raisons tectoniques de l'origine du lac de Maerjelen (région du glacier d'Aletsch). *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, vol. 29, 1936, p. 33. Lausanne.
— Superposition des tectoniques successives. *Ibid.*, vol. 29, 1937, p. 429.

5. N. OULIANOFF. — Influence de la structure tectonique sur l'écoulement des glaciers. *Études Rhodaniennes* (Lyon), vol. XV, 1939, p. 163.
 - Pourquoi les Alpes suisses sont pauvres en gîtes métallifères exploitables. *Bull. Lab. Géol. Min. Géophys. Musée géol. Univers. Lausanne*, n° 77, 1943.
 - Les anciens massifs du Mont-Blanc et de l'Aar et l'orogénèse alpine. *Ecl. géol. Helvetiae*, vol. 37, 1944, p. 31.
- P. CORBIN et N. OULIANOFF. — Continuité de la tectonique hercynienne dans les massifs du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges. *B. S. G. F.* (4), XXV, p. 544, 1925.
 - Recherches tectoniques dans la partie centrale du massif du Mont-Blanc. *Bul. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, vol. 56, 1926, p. 101. Lausanne.
 - Les contacts, éruptif et mécanique, de la protogine et leur signification pour la tectonique du massif du Mont-Blanc. *B. S. G. F.* (4), XXVI, p. 153, 1926.
 - De la différence et de la ressemblance des schistes cristallins des deux versants de la vallée de Chamonix (massifs du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges). *Ibid.* (4), XXVII, p. 267, 1927.
 - Excursions dans le massif du Mont-Blanc. *Ibid.* (4), XXX, p. 1307, 1930.
 - Influence de la structure tectonique sur la capture des glaciers. *Ibid.* (5), I, p. 237, 1931.
 - Carte géologique détaillée du massif du Mont-Blanc. *C. R. 57^e ses. A. F. A. S.* (Chambéry) 1933, p. 235.
6. P. CORBIN et N. OULIANOFF. — Carte géologique du massif du Mont-Blanc au 1/20.000^e, avec notices explicatives : 1,2) feuille « Servoz-les Houches » (1927), 3) feuille « Chamonix » (1928), 4) feuille « Les Tines » (1929), 5) feuille « Vallorcine » (1930), 6) feuille « Le Tour » (1931), 7) feuille « Argentière » (1932), 8,9) feuille « Mont-Dolent — le Tour Noir » (1934) 10) feuille « Talèfre » (1935), 11, 12) feuille « Le Tacul — Col du Géant » (1938), Soc. Française de Stéréotopographie, Paris.
7. A. MOHOROVICIC. — Das Beben vom 8 Oktober 1908. *Jahrbuch d. Meteorolog. Observ. Zagreb*, 1909.
- H. JEFFREYS. — On Near Earthquakes. *Monthly Notices of Royal Astron. Soc. Geophys. Suppl.* 1, 1926, London.
- A. DE QUERVAIN. — Ein Beispiel zur experimentalen Seismologie. *Gerlands Beitr. z. Geophys.*, vol. 15, 1926, p. 317.
- E. WIECHERT. — Seismische Beobachtungen von Steinbruchsprengungen. *Zeitsch. f. Geophys.* V Jahrgang, 1929, p. 159.
- B. GUTENBERG. — Handbuch der Geophysik. Bd. IV, 1932.
8. N. OULIANOFF. — Le tremblement de terre du 25 janvier 1946 et la structure profonde des Alpes. *B. S. Vaud. Sc. Nat.*, vol. 63, 1947, p. 367 et *Bull. Lab. Géol., Min., Géophys. Musée Géol. Univers. Lausanne*. N° 85, 1947.
9. E. RAGUIN. *Géologie du granite*. Masson, Paris, 1946.
10. J. GOGUEL. — La tectonique de fond dans la zone externe des Alpes. *B. S. G. F.* (5), XIV, p. 204, 1944.

11. G. DUBOIS. — Sur les failles subméridiennes en marge méridionale de la coupole rhénane. *C. R. somm. S. G. F.*, 4 novembre 1946.
- 12 J. ROTHÉ. — Les séismes des Alpes Françaises en 1938 et la séismicité des Alpes Occidentales. *Ann. Inst. Phys. Globe Strasbourg*, t. III, 1938, 3^e p., Clermont-Ferrand, 1941.
- La séismicité des Alpes Occidentales. *B. S. G.F.* (5), XII, p. 293, 1942.
-

M. Jean Goguel fait remarquer que l'on pourrait également chercher dans une autre voie une explication des différences des vitesses de propagation signalées par M. Oulianoff. D'après la théorie de l'isostasie, la zone des Alpes doit correspondre à un épaissement considérable des couches granito-gneissiques. Il faut donc s'attendre à ce que la propagation jusqu'aux distances de 100-150 km, qui sont celles des observatoires, intéresse uniquement, suivant une direction longitudinale (vers Zurich et Coire), ces assises granito-gneissiques épaissies. Au contraire, suivant une direction transversale à la chaîne, cette propagation peut intéresser dans l'avant-pays les couches intermédiaires, ici moins profondes que sous la chaîne, et qui correspondent à des vitesses de propagation plus fortes.

UNE GRANDE RÉGION DE FAIBLE RÉSISTANCE DANS LA PARTIE MÉDIANE DU MASSIF CENTRAL FRANÇAIS

PAR **P. Lapadu-Hargues**¹.

Quand on examine la région médiane du Massif Central français, on remarque immédiatement la présence d'importants terrains d'âge secondaire qui constituent la région des Grands Causses. S'ouvrant au S dans la plaine du Languedoc, ils s'étendent entre le Massif des Cévennes à l'E et l'ensemble des Monts de Lacauue prolongés par le Lévezou à l'W pour atteindre au N la haute vallée du Lot. Ils semblent se prolonger le long du Lot et en aval, en direction de Rodez par une région à structure géologique à la vérité assez différente [8] ; c'est ce que l'on a appelé le Détroit de Rodez [2].

A l'heure actuelle, on est à peu près certain que le domaine des Grands Causses, le « Golfe des Causses » pour utiliser un terme commode et consacré par l'usage, ne se réduit pas à un simple placage peu épais de terrains sédimentaires sur un socle cristallin qui serait présent à une faible profondeur ; mais c'est bien plutôt une longue zone d'ennoyage, à direction générale N-S, où sont accumulés, sur plus de 2.000 m, de puissantes couches principalement jurassiques. On peut presque même parler d'une zone de subsidence dans laquelle sont déposées les strates épaisses en majeure partie calcaires que l'on peut actuellement observer. Tel est le premier fait bien connu que nous rappelons ici et qui forme un des traits les plus caractéristiques de la physiologie du Massif Central.

Passons au N et quittons le Golfe causseran pour gagner le socle hercynien qui apparaît dès la vallée du Lot. Dans cette même zone médiane, occupée plus au S par les Grands Causses s'étend un des plus gros batholites granitiques d'Europe : le massif de la Margeride. Ce granite, ainsi qu'il a été précédemment indiqué [7] est à coup sûr posttectonique et ainsi mis en place immédiatement après la tectonique dite antéstéphanienne. Avec d'autres auteurs [6], je pense que l'on peut le dater très vraisemblablement comme carbonifère. Voilà donc le deuxième

1. Note présentée à la séance du 20 janvier 1947.

fait : existence d'un large batholite granitique sans doute mis en place lors d'une phase de rémission consécutive aux plissements antéstéphanien.

Traversant le massif de la Margeride, le cassant et le séparant en deux blocs qui ont joué l'un par rapport à l'autre, se développe un très grand accident, également méridien, complexe dans le détail,



FIG. 1. — Le golfe des Causses
et le massif granitique de la Margeride.

mais jouant sans cesse, si l'on peut s'exprimer ainsi. Il est en particulier responsable des bassins oligocènes qui s'échelonnent entre le Malzieu (Lozère) et Saint-Flour, et on note encore actuellement des traces de tassements, sinon de rejeux proprement dits au long de son tracé, surtout vers le S. Cet accident, observé dès 1937 [7] et que j'ai appelé accident de Marvéjols-Aumont-Aubrac [9], s'engage dans le Golfe des Causses et là est responsable du cours méridien du Tarn entre Saint-Georges-de-Lévejac (Lozère)

et le Rozier¹. Certains auteurs [4] le prolongent largement vers le S, tandis que d'autres [3, 5] réservent nettement leur opinion à ce sujet. Pour ma part, en l'absence de levés personnels précis dans ces régions situées au S du Rozier, je n'émettrai aucun avis à ce sujet. Par contre, je serais porté à admettre que l'accident de Marvéjols-Aumont-Aubrac est très ancien. En particulier, les inflexions nettes que subissent les directions axiales de l'édifice antéstéphanien dans la région de Moissac et de La Chapelle-Laurent au NNE de Saint-Flour, inflexions que j'ai cru noter et relever au cours de l'année 1946, sembleraient indiquer que, lors de l'établissement de la tectonique antéstéphanienne, devait déjà exister là une zone faible, zone qui se trouve au N dans le prolongement direct de l'accident méridien. Tel est le troisième fait.

Rassemblons maintenant tout ce qui vient d'être dit ou rappelé. Dans la région médiane du Massif Central français, on peut ainsi noter, d'une part l'existence d'un grand ennoyage, on dirait presque une subsidence, ayant joué au Jurassique et responsable du *Golfe des Causses*; d'autre part, au N de cet ennoyage s'étend le *batholite de la Margeride* mis en place sans doute à la faveur d'une phase de rémission qui aurait suivi la phase active de plissements hercynienne; enfin, reprenant cette région, s'allonge un grand accident méridien complexe dans son détail et sans doute très ancien, mais à rejeux multiples pour ne pas dire continuels: c'est l'*Accident de Marvéjols-Aumont-Aubrac*. On peut maintenant se poser la question de savoir si ces trois faits sont liés entre eux, en un mot s'ils ne sont pas les conséquences d'une même origine profonde; en l'occurrence, ils seraient peut-être dus à l'existence d'une zone de direction méridienne, de fragilité particulière et à très fond peu stable, qui aurait pu permettre ainsi l'établissement: 1) du régime de fractures que l'on constate actuellement, 2) de l'effondrement du plancher des Grands Causses, 3) enfin de la mise en place du granite de la Margeride. Ces trois phénomènes étant, je le répète, les conséquences d'une cause unique commune, à savoir *une zone méridienne très anciennement préformée, de plus faible résistance, dans le socle du Massif Central*.

Certains problèmes annexes peuvent, à mon sens, venir se greffer sur cette hypothèse. On connaît par exemple la dolomi-

1. On peut ici signaler que le cours du Lot, dirigé E-W en amont des Ajustons près de Pin-Moriès (Lozère) et en aval de Banassac, suit au contraire une direction à peu près méridienne entre ces deux localités, qui jalonnent exactement l'accident en question.

tisation intense qui règne dans les calcaires du Jurassique moyen et supérieur des Grands Causses. On a tenté d'en donner différentes explications [1]. Ne pourrait-on penser qu'il y aurait là un effet ultérieur aux dépôts des calcaires, comme une « onde de dolomitisation » qui aurait envahi les niveaux primitivement calcaires en les transformant et qui aurait peut-être une origine profonde liée à un tréfond instable et par là moins étanche vis-à-vis d'éventuelles actions chimiques internes? Sans aller jusqu'à prononcer le mot de « métamorphisme », je pense qu'il y a une hypothèse de travail qui mériterait d'être examinée avec soin, et, peut-être, prise en considération.

Enfin au N de cette zone médiane faible ainsi définie s'aligne le grand fossé oligocène de la Limagne. Est-il également en liaison avec la même cause profonde? La généralisation de cette proposition est trop vaste pour qu'il soit possible, à l'heure actuelle, de la pousser davantage; on ne verra dans cette dernière idée qu'une simple indication qui devra être l'objet précisément de recherches ultérieures pour qu'on puisse en tirer des conclusions plus rigoureuses¹. Mais ce serait là alors l'image d'un vaste domaine instable établi entre deux masses rigides qui l'encadreraient à l'W comme à l'E. On peut alors remarquer que les grands groupes volcaniques du Massif Central sont précisément installés sur ces deux môles latéraux (Chaîne des Puys, Mont Dore et Cantal d'une part, Velay et Vivaray d'autre part) et non sur la zone instable où le volcanisme n'est sans doute pas absent, mais beaucoup plus discret. La structure ainsi réalisée ne serait pas sans analogie, toutes proportions gardées, avec celle qui nous est fournie par l'exemple des grands fossés africains où justement les manifestations volcaniques connexes les plus importantes sont disposées sur les bords de ces mêmes fossés, sur des parties rigides et stables [11].

BIBLIOGRAPHIE

1. H. AGALÈDE. — Mode de formation des calcaires dolomitiques du Jurassique moyen et supérieur dans la région des Causses Majeurs. *B. S. His. Nat. Toulouse*, 79, p. 177, 1944.
2. E. BOISSE DE BLACK. — Le Déroit de Rodez et ses Bordures cristallines. *B. S. Carte G. F.*, 36, n° 188, 1933.

¹. Dans un ordre d'idée différent, la grande anomalie magnétique qui traverse du SSE au NNW une partie du Bassin Parisien semble prolonger de façon curieuse cette zone médiane du Massif Central.

3. A. DEMAY. — Sur l'orientation des poussées apparentes et du cheminement dans les chaînes antéstéphanienues du SE du Massif Central français et particulièrement dans les Cévennes Méridionales. *C. R. somm. S. G. F.*, 18 février 1946.
 4. B. GÈZE. — Problèmes de tectonique hercynienne dans le SE du Massif Central français. *B. S. G. F.* (5), 15, p. 111, 1945.
 5. P. JODOT. — Observation à la note de P. Lapadu-Hargues. *C. R. somm. S. G. F.*, 11 mars 1946.
 6. J. JUNG. — Géologie de l'Auvergne et de ses confins bourbonnais et limousins. *Mém. S. Carte G. F.*, 1946.
 7. P. LAPADU-HARGUES. — Les schistes cristallins de la région de Marvéjols. *B. S. G. F.* (5), 13, p. 105, 1943.
 8. — Révision de la feuille de Sévérac, *B. S. Carte G. F.*, 45, n° 216, p. 215, 1945.
 9. — Les directions méridiennes majeures en Lozère. *B. S. Arts Sciences Lozère*, Mende, 1946.
 10. — Quelques remarques à propos de l'accident de Marvéjols. *C. R. somm. S. G. F.*, 11 mars 1946.
 11. B. WILLIS. — East african Plateaus and Rift Valleys. *Carnegie Inst. Washington*, Publ. 470, 1936.
-

M. Jung ajoute à la communication de M. Lapadu-Hargues que l'interruption dans la continuité du sillon méridien Limagne-Causse, à hauteur du Massif granitique de la Margeride, peut trouver une explication dans la Géologie profonde de ce dernier. La carte des anomalies de la pesanteur établie par le Père Lejay montre, en effet, de façon extrêmement frappante, que ce massif de granite possède une très forte anomalie négative, centrée sur la région de l'Aubrac, ce qui conduit à lui attribuer une « racine » s'enfonçant en profondeur au sein de couches intra-telluriques plus denses. A cet épaississement extraordinaire, on peut attribuer d'une part le soulèvement isostatique de cette partie du Massif Central, et d'autre part sa résistance à la fracturation, deux tendances qui s'opposent conjointement au passage de la fosse méridienne qui s'est individualisée au N, dans la Limagne, et au S, dans les Causse. M. Jung annonce à cette occasion qu'il prépare, en collaboration avec le Père Lejay, un mémoire sur l'interprétation des anomalies gravimétriques du Massif Central, mais que l'achèvement des calculs en cours retardera encore quelques temps la publication de ce travail.

UN ORGANISME RÉCIFAL DU CAMBRIEN MAROCAIN : ANZALIA CEREBRIFORMIS NOV. GEN. NOV. SP.

PAR **Henri** ET **Geneviève Termier**¹.

En explorant le Géorgien non métamorphisé qui affleure au SE du massif cristallin du Tichka², nous avons eu l'occasion de recueillir en abondance des fossiles appartenant à des espèces variées, souvent en remarquable état de conservation. Ce sont des Trilobites (*Perrector perrectus* RICHTER, *Resserops resserianus* RICHTER) dans les schistes du Jebel Aouial des Aït Anzal, des

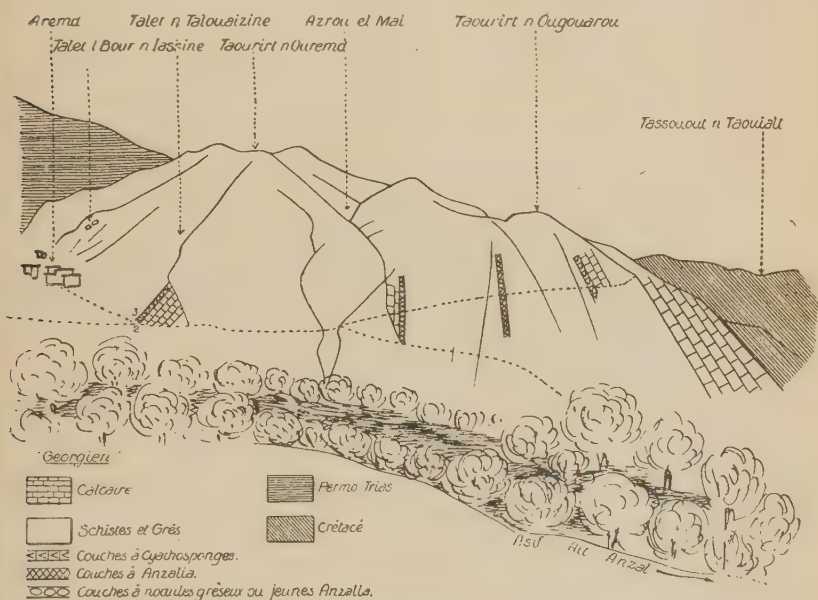


FIG. 1. — Croquis pris de la rive droite d'Asif Aït Anzal (NW-SE), représentant la colline située entre le hameau d'Aremd et le village de Taouialt. Le n° 2 indique l'objet de la figure 2; le n° 3 marque l'emplacement de la figure 3. Les traits pointillés marquent les chemins muletiers, 1 cm représente env. 100 m sur le plan du 1^{er} chemin muletier.

Cyathosponges en plusieurs beaux gisements et l'organisme encore énigmatique dont nous nous proposons de parler. Les *Archaeocyathus*, qui représentent l'essentiel de ces faunes, se

1. Note présentée à la séance du 20 janvier 1946.

2. Henri et Geneviève TERMIER. C. R. Somm. S. G. F., 19 février 1945

rencontrent soit dans les entablements de calcaires massifs (Jebel Aouial), soit dans les schistes qui s'intercalent fréquemment vers le sommet des calcaires, soit encore au contact des schistes et des calcaires (Jebel Ouillaoune, Azmezn Talbout des Ifouzarene). Des *Protopharetra* paraissent se localiser à la partie tout à fait supérieure du « Géorgien », peut-être à cause de son faciès de calcaires oolithiques massifs semblant indiquer des conditions de mer chaude et peu profonde.

Dans le bled Aït Anzal, à proximité du hameau d'Aremd, de coordonnées Lambert 208,7-428, la colline nommée Taourirt n Ouremd est constituée principalement par des schistes vert d'eau ou vert bleu, assez résistants et donnant d'assez gros débris, dans lesquels nous n'avons pas trouvé de Trilobites, bien qu'ils



FIG. 2. — Banc-récif d'*Anzalia cerebriformis*, sur la rive droite de Talet n Talouaïzine, au point où le banc est coupé par le chemin muletier Taouialt-Oualebdi, à 150 m en aval d'Aremd. Ces organismes forment relief au sein des schistes verts du Géorgien en couches verticales dirigées N 40° E.

ne soient qu'un peu plus gréseux que ceux du Jebel Aouial. Ces schistes, en bancs verticaux dirigés NE, comprennent plusieurs intercalations de calcaires qui ne dépassent guère 2 à 3 m d'épaisseur. Entre Aremd au NW et Taourirt n Ougouarou, sommet SE de la colline et point à partir duquel le Géorgien devient gréseux puis calcaire avant d'être finalement accolé au Crétacé transgressif redressé, on compte quatre barres calcaires.

principales (fig. 1). Celle qui est située le plus au SE et qui passe à Ras Taourirt n Ougouarou nous a fourni une très riche faune d'*Archaeocyathus* tandis que ces fossiles sont peu abondants dans les trois autres couches similaires. En revanche, ces autres couches semblent presque exclusivement occupées par de curieux organismes.

Vues d'environ 10 m (fig. 2), elles se présentent comme une collection de reliefs arrondis et ressemblent d'une manière assez frappante à la surface mamelonnée d'un gigantesque cerveau. Quand on s'en approche, on voit (fig. 3) qu'il s'agit de blocs dont le diamètre est de

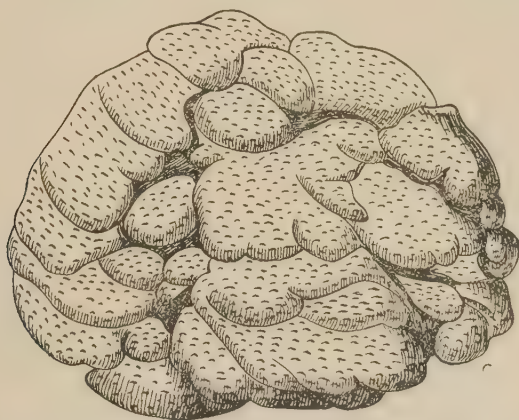


FIG. 3. — Bloc d'*Anzalia cerebriiformis*, mesurant 105 sur 75 cm; on voit les lobes arrondis ou aplatis qui les composent et conservent entre eux des portions de schistes. — Rive droite de Talet n Talouaizine.

l'ordre du mètre et qui sont composés de lobes sphériques, ovoïdes ou lenticulaires suivant qu'ils sont plus ou moins serrés les uns contre les autres, non sous l'action postérieure des mouvements tectoniques, mais tout simplement par l'effet de la pression de croissance de ces organismes.

La couche stratigraphique ne comporte généralement pas plus d'un bloc dans le sens de l'épaisseur, et se présente alors comme un banc constitué presque exclusivement par ces grosses boules noyées dans les schistes. Les lobes intacts, limités par une enveloppe externe verdâtre, sont accidentés par des boursofflures et criblés de perforations de quelques millimètres de diamètre. Les lobes que l'on sectionne d'un coup de masse ou que l'on trouve usés de toutes les manières par l'érosion, laissent voir (fig. 4) les allures de cette enveloppe formée de calcite et de chlorite et dont l'épaisseur varie de 1 à 3 mm. Juste au-dessous d'elle, on se trouve dans un grès calcaro-ferrugineux à grain fin représentant le moule interne. Ces boules étaient donc creuses et constituées par une écorce relativement mince.

Nous avons prélevé de nombreux échantillons, en particulier dans Talet n Talouaizine (= Talet n Tzilalt), premier ravin au SE d'Aremd, qui coupe l'un des plus importants de ces bancs-récifs.

La surface non altérée n'est autre que celle de l'écorce verdâtre ; piquetée de points blancs, percée de très nombreux orifices, dont le pourtour est froncé comme celui d'un sphincter. Ces orifices, parfois arrondis, ont le plus souvent l'allure de fentes en accent circonflexe, grossièrement parallèles les unes aux autres : elles atteignent 10 mm de long sur 2 mm de large. Les rides partant de chacune de ces fentes composent un système étoilé qui s'anastomose aux systèmes voisins mais surtout dans le sens de la longueur des fentes. Cette disposition indique une polarisation bien visible sur les échantillons

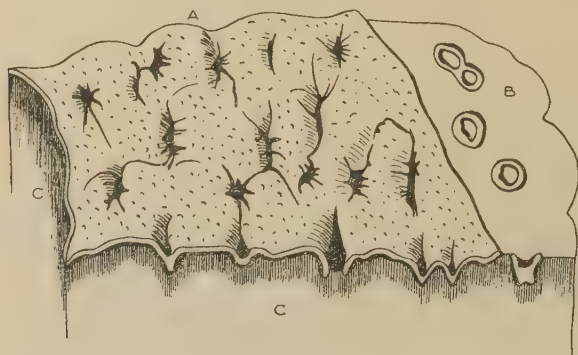


FIG. 4. — Schéma d'un lobe d'*Anzalia cerebriiformis*, montrant :

- A) l'écorce ondulée, avec ses fentes allongées et froncées (oscules ?) formant par invagination des tubes infundibuliformes ;
- B) une partie décapée par l'érosion où l'écorce ayant été enlevée il ne subsiste que des bases de tubes ;
- C) le moule interne.

en place et qui semble en rapport avec l'orientation de l'organisme dans l'eau ; le grand axe de la fente semble avoir été horizontal et avoir correspondu au sens d'affaissement de l'organisme entier dont le diamètre vertical est légèrement inférieur au diamètre horizontal.

L'écorce est très facilement enlevée par l'érosion, sauf autour des orifices au niveau desquels elle s'invagine pour former des sortes de tubes courts et infundibuliformes. Aussi, les échantillons usés superficiellement ont-ils un aspect grêlé ou scoriacé. Ces tubes, dont le diamètre diminue vers la profondeur, ont une section subcirculaire. Les coupes transversales montrent bien l'allure ondulée de l'écorce et la forme en entonnoir des tubes qui en émanent.

L'écorce, seul élément susceptible de fournir une texture, est constituée par de la calcite confusément grenue et dont certaines plages,

rectangulaires, montrent une partie centrale sombre, analogue à un canal. Peut-être s'agit-il de spicules ou de fibres fortement transformés. La partie externe de cette écorce est fortement verdie par de la chlorite.

Interprétation. — Les restes que nous venons de décrire proviennent certainement de formes organiques parce qu'ils offrent une structure régulière se répétant de façon constante dans tous les lobes examinés, structure pour nous inconnue dans le monde inorganique, et parce que leur écorce tranche nettement, par sa forme et sa composition, avec les moules externes et internes.

A nos yeux, nul doute qu'il ne s'agisse d'animaux très primitifs formant des récifs dont les éléments, à savoir les lobes sphériques ou ovoïdes, ne sauraient à proprement parler mériter le nom d'individus ni celui de colonies. La relative indétermination de la forme extérieure, la présence d'une énorme cavité centrale et d'un très grand nombre d'orifices, enfin l'indubitable mode de vie sédentaire de ces organismes sont des caractères qui plaident en faveur d'un rapprochement avec les Spongiaires de la classe des Calcisponges. Dans ce cas, les orifices seraient des *oscules* ou pores exhalants, ayant pour fonction de faire communiquer la cavité paragastrique avec l'extérieur. Nous n'avons pas observé avec netteté d'orifices de plus faible calibre pouvant être assimilés à des pores inhalants. Cependant, la coloration inégale de l'écorce nous incline à penser que celle-ci n'était pas homogène et que les points blancs de calcite correspondent à des éléments d'un tissu squelettique qui aurait pu servir d'armature à des pores inhalants.

L'écorce est trop mince pour avoir eu la place d'abriter, dans son épaisseur, un échafaudage compliqué de chambres vibratiles. D'autre part, nous n'avons pas observé de muraille interne. (A vrai dire, la présence de tubes à orifices intérieurs bien dessinés incite à se demander s'il n'aurait pas précisément existé une muraille interne plus ténue que l'externe et qui aurait disparu soit par dissolution si elle était calcaire soit par putréfaction si elle était charnue.) Aussi, en première analyse, peut-on admettre que l'on est en présence de l'écorce squelettique superficielle d'un Spongiaire. L'incertitude qui plane sur leur interprétation n'empêche pas ces formes d'être bien caractérisées et nettement distinctes de tout ce que l'on connaît actuellement au Maroc, aussi convient-il de les nommer. Nous les appelons *Anzalia cerebri-formis* nov. gen., nov. sp. parce qu'elles ont été remarquées pour la première fois dans la tribu des Aït Anzal et parce qu'elles ressemblent extérieurement à un cerveau.

Ces observations semblent complétées par la présence d'un grand nombre de restes ovoïdes ou cylindriques ne dépassant guère la grosseur du poing et qui se présentent en bancs dans les schistes à *Anzalia* de Taourirt n Ouremd. Ces restes, gréseux et ne comportant pas d'écorce, ne peuvent être considérés que comme des nodules ou, si l'on tient compte de la forme en bouteille de certains d'entre eux, comme de jeunes Spongiaires dépourvus d'écorce minérale.

Associations fauniques. — Les *Anzalia* sont à peu près les seuls éléments fauniques des bancs qui les renferment. Nous avons cependant observé quelques Cyathosponges dans les anfractuosités de certains d'entre eux. En outre, le banc de Taourirt n Ougouarou, en tous points comparable aux bancs à *Anzalia* de la même colline, est composé principalement de Cyathosponges et de nodules gréseux sans écorce. Les *Anzalia* vivaient donc dans le même milieu marin que les *Archaeocyathus*.

Peut-être serait-il possible de préciser un peu la localisation biologique des organismes du Géorgien de la région considérée. On sait que, dans les récifs de Cœlentérés actuels, les formes massives, qui sont les plus résistantes, vivent dans les eaux agitées, que les formes simples, coniques, sont tapies dans la vase, et enfin que les formes branchues ou dendroïdes s'épanouissent dans les chenaux abrités à la fois des courants et de la vase. Or, les *Anzalia* se présentent comme des organismes massifs, les *Archaeocyathus* sont simples et coniques, et les *Protopharetra* semblent avoir été dendroïdes. Il paraît évident que la prédominance d'une espèce dans un faciès donné résulte de sa meilleure adaptation au biotope originel ayant correspondu à ce faciès. De semblables considérations permettent sans doute d'apporter quelques lueurs sur les conditions écologiques dans lesquelles ont vécu les animaux vers la fin du dépôt des grands entablements calcaires qui, alternant avec des lits schisteux, constituent le principal épisode marin du Géorgien dans le Maroc sud-occidental.

En conclusion, nous pensons qu'il serait intéressant de rechercher dans les gisements d'*Archaeocyathus* des Djebilet, du Haut-Atlas et de l'Anti-Atlas, puis dans tout le Géorgien du Maroc, des bancs à *Anzalia* du type que nous venons de décrire. Il pourrait, en effet, être utile de savoir s'ils peuvent jouer le rôle de niveau-repère dans les calcaires du Cambrien inférieur, qui restent difficiles à classer stratigraphiquement quand on ne peut les situer dans une coupe d'ensemble ou les mettre en continuité avec un horizon déjà connu.

DISTRIBUTION DES BRACHIOPODES EN ESPÈCES
ET SES CAUSES, ILLUSTRÉE PAR LES TÉRÉBRATULINIDÉS
DE L'ÉOCÈNE DE L'EUROPE OCCIDENTALE

PAR **Graham F. Elliott**¹.

La plus étonnante solution de continuité dans les faunes est peut-être celle qui marque le passage du Crétacé à l'Éocène dans de nombreuses parties du monde. La disparition de groupes entiers d'organismes, si communs qu'ils constituent les fossiles typiques du Crétacé, et leur remplacement relativement brusque par d'autres formes dans lesquelles on peut discerner les précurseurs des types actuels, imposeraient une coupure à ce niveau, même en l'absence du changement lithologique que l'on y observe si souvent.

Les Paléontologistes, pour expliquer l'extinction soudaine de types d'êtres vivants en apparence vigoureux et prospères, ont exagéré la signification de ces formes atypiques dont l'apparition précède parfois la disparition du groupe principal, par exemple chez les Ammonites, sans tenir compte du fait que de telles modifications ont apparu à différents niveaux antérieurs et ne sont pas nécessairement dues à un défaut d'adaptation à cause de leur caractère exceptionnel. Les spécialistes modernes de l'évolution, par contre, tendent à expliquer le passé à la lumière des phénomènes actuels, ou du moins rechignent aux hypothèses incompatibles avec les lois de la nature quand ces dernières peuvent fournir une explication ; or le changement presque général dans la distribution des terres et des mers qui marque le commencement de l'orogénie tertiaire, avec les modifications d'écologie et de climat qui en résultent un peu partout, a dû mettre à sérieuse épreuve les organismes adaptés aux conditions tranquilles du Crétacé et explique tout naturellement le déclin des grands Reptiles sur terre et de nombreux types d'Invertébrés dans la mer. Une parfaite adaptation à la vie dans un certain milieu ne dure en effet que tant que ce milieu persiste. Sous ce rapport il est intéressant d'examiner les formes d'êtres vivants qui s'étendent d'une période à l'autre, mais avec une fréquence

1. Note présentée à la séance du 20 janvier 1947.

très différente dans l'Éocène et le Crétacé. La présente étude a trait aux Brachiopodes.

Tous les traités de Paléontologie signalent soigneusement la rareté relative des représentants fossiles de cet Embranchement dans les roches tertiaires et par suite leur manque de valeur pour l'établissement de zones stratigraphiques. Pour les couches crétacées, par contre, on a dressé des listes des formes caractéristiques par étages et sous-étages, car ce sont des fossiles qui souvent se rencontrent en abondance.

Quand cependant on compare attentivement les Brachiopodes du Sénonien et ceux du Tertiaire ou de l'Actuel, on constate que, d'une façon générale, les représentants de chaque type sont analogues, et, autant qu'on peut le déduire de la morphologie de la coquille, leur similitude s'étend aussi aux parties molles de l'animal. Parmi les Invertébrés peu portent autant que les Brachiopodes les traces des organes de l'animal imprimées dans la coquille et cette constatation est d'une valeur considérable. Les cicatrices laissées par les muscles destinés à l'ouverture, la fermeture ou la fixation de la coquille, l'appareil brachial calcaire, support du lophophore, qui entretient l'arrivée d'eau, vitale pour la nourriture et l'oxygénation de l'animal, ainsi que les traces laissées par les sinus palléaux et les papilles du manteau sécréteur, peuvent être étroitement parallélisés dans les différents types de Brachiopodes, qu'ils proviennent du Sénonien, du Tertiaire ou de l'Actuel ; ils diffèrent seulement dans leurs détails morphologiques, mais non dans leurs fonctions majeures, si utiles pour l'étude du groupe. *Magas pumilus* J. SOWERBY, *Bouchardia Zitteli* IHERING et *Bouchardia rosea* (MAWE) ou bien *Gibbithyris semiglobosa* (J. SOWERBY), *Terebratula bisinuata* LAMARCK et *Gryphus vitreus* (BORN) peuvent être pris comme exemples, pour ne rien dire des genres de grande longévité tels que *Lingula* et *Crania*. Si l'on doit trouver une explication au déclin des Brachiopodes, c'est dans d'autres directions qu'il faut la chercher.

Puisque la place occupée par les Brachiopodes dans l'économie du fond des mers est largement prise par les Mollusques Lamellibranches aux époques tertiaire et actuelle, il n'est pas sans intérêt de comparer les uns et les autres de nos jours. Orton (Orton, 1914, p. 307) suggère que les Lamellibranches ont évolué dans le sens d'un perfectionnement des branchies comme organe de nutrition et compare le lophophore cirrhé des Brachiopodes aux branchies des Lamellibranches inférieurs (Protobranches et Filibranches inférieurs). Il fait remarquer que la plupart des Lamellibranches ont évolué au delà de ce stade et possèdent des

branchies d'une plus grande efficacité mécanique, aidés en cela par la réunion des lobes du manteau et la formation de siphons, qui font défaut chez les Brachiopodes ; en outre la plupart des Lamellibranches possèdent quelque possibilité de se déplacer, au moins lentement, et peuvent ainsi pallier les changements de milieu, tandis que, en grande majorité, les Brachiopodes sont solidement attachés par leur pédoncule ou organe de fixation après un court stade de nage libre à l'état larvaire, et, pour leur bien ou leur mal, sont attachés à l'ancrage qu'ils ont choisi. Ce remplacement graduel des Brachiopodes par les Lamellibranches s'observe depuis les temps paléozoïques, mais entre le Sénonien et l'Éocène le changement est brusque. L'explication repose probablement sur ce fait que les dernières modifications des lignes de rivage au Sénonien ont réduit le nombre des milieux propices aux organismes littoraux et néritiques et, quand les premiers dépôts tertiaires commencèrent à se former, l'infériorité des Brachiopodes se fit pleinement sentir dans la compétition vitale avec les Lamellibranches. Les qualités requises pour la colonisation d'un milieu nouveau diffèrent en effet de celles qui sont nécessaires pour persister une fois qu'on est établi. Les Brachiopodes, par suite de leur mode sédentaire de vie et de leur période de dispersion limitée au stade larvaire, présentent une curieuse ressemblance avec les plantes au point de vue écologique, bien plus qu'avec les autres animaux marins, fait dont on n'a pas tenu compte jusqu'ici. Ainsi Huxley (Huxley, 1942, p. 274) fait remarquer que de nombreuses plantes qui, en l'absence de toute compétition, seraient largement répandues, sont en réalité confinées dans une petite partie de leur habitat possible ; elles se confinent dans les milieux de qualité inférieure qui ne sont pas colonisés par des types rivaux plus heureux. Le milieu physique n'est pas tout ; il faut aussi prendre en considération le milieu biologique, c'est-à-dire l'effet des autres organismes présents. Le même auteur (*op. cit.*, p. 446) signale spécialement la fin du Mésozoïque et la période glaciaire pléistocène comme deux périodes où l'état des relations biologiques réciproques fut bouleversé et où d'autres facteurs entrèrent en jeu, entraînant un peu partout des changements de flore et de faune.

Actuellement les Brachiopodes sont des animaux peu fréquents de mer peu profonde. Divers auteurs ont essayé de dresser la liste de leurs habitats et de les synthétiser, notamment Davidson pour les Brachiopodes dragués par le Challenger (Davidson, 1878) et Schuchert (Schuchert, 1911). D'après ce dernier 71 % des formes actuelles vivent entre le niveau de la basse mer et une profondeur

de 180 m, mais ces données sommaires ne tiennent compte ni des conditions différentes dans les diverses provinces biologiques, ni du nombre variable d'individus des espèces considérées. Si l'on néglige les Lingulidés et les Discinidés (Inarticulés) qui ne sont qu'une minorité confinée strictement dans un milieu physique spécial, c'est-à-dire dans les eaux chaudes peu profondes d'une côte au fond vaseux, on trouve que, alors que quelques Brachiopodes Articulés sont abyssaux ou littoraux, la majorité se plaît dans des eaux médiocrement profondes, loin des zones sublittorale et nérétique encombrées par une population dense de Mollusques. Parmi les espèces d'Articulés dont Thomson (Thomson, 1927) a dressé les listes d'après la profondeur de l'habitat, 28 % vivent au-dessus de la ligne de 180 m, 34 % la dépassent et 38 % vivent au-dessous. Autrement dit les Brachiopodes Articulés se sont retirés sur le bord externe du seuil continental et sur la partie supérieure des pentes qu'il domine. Wesenberg-Lund (Wesenberg-Lund, 1938), parlant des Brachiopodes dragués dans les eaux de l'Islande, signale leur rareté dans les fjords et indique que la grande majorité des dragages fructueux se situent en dehors de la ligne de 200 m ou tout près d'elle. Sur la côte S, où le seuil continental descend brusquement, leurs emplacements se trouvent en moyenne plus près de la côte que partout ailleurs. Cette situation est comparable à la retraite des Conifères vers les altitudes et latitudes élevées, au sol pauvre, loin de la concurrence des végétaux à feuilles caduques sur les terres basses plus favorables. Le commencement de cette distribution date du Tertiaire, lorsque les Brachiopodes ne réussirent pas à se rétablir dans les eaux peu profondes où ils avaient prospéré pendant le Crétacé, et leur insuccès se continua dans la région européenne par suite des changements rapides dans les mers côtières peu profondes et de leur alternance avec des régimes non marins. En Australie, par contre, les faunes aussi bien marines que continentales ont persisté depuis que la région a été séparée, c'est-à-dire depuis le début du Tertiaire, et ce fait se reflète dans la faune continentale de Marsupiaux, dans la riche faune marine de Brachiopodes, ainsi que dans d'étranges survivances telles que celle des Trigonies qui, en Europe, ne dépassent pas le Mésozoïque. Évidemment dans cette région les conditions à la fin du Mésozoïque étaient moins rigoureuses et moins troublées. Il serait intéressant de connaître l'histoire crétacé-éocénique de la région du Japon qui actuellement possède la faune de Brachiopodes la plus riche du monde. Ailleurs, en dehors de l'Europe, l'éparpillement des Brachiopodes semble avoir été

déterminé par la rupture du vieux continent mésozoïque au S de la Téthys.

Il est intéressant de noter que les Rhynchonellidés, les Articulés Télotrémates les plus primitifs, sont maintenant rares en individus et en espèces et se trouvent essentiellement soit dans les eaux profondes, soit, aux hautes latitudes, à des profondeurs moins grandes. Les Térébratellidés dépassent de loin, à la fois en variétés et en nombre, les Térébratulidés plus primitifs.

Dans le Paléogène d'Europe, les Brachiopodes, dans les régions occidentale et centrale, sont représentés par de rares Térébratulidés et Térébratulinidés avec quelques Inarticulés et parfois un Térébratellidé (le plus souvent du genre *Argyrotheca*). Dans le S les Rhynchonellidés se montrent également (Davidson, 1870; Sacco, 1902). Avec le Néogène, les grandes lignes de la distribution actuelle se dessinent clairement : les formes de la Méditerranée se rencontrent fossiles dans cette région et seule s'écarte des types récents la faune de grands Térébratulidés qui se masque dans la littérature du Miocène et du Pliocène sous le nom de *Terebratula grandis* BLUMENBACH, espèce de l'Oligocène d'Allemagne. Ces formes n'ont pas survécu à la période glaciaire. Dans les comtés de l'E de l'Angleterre la faune pliocène de Brachiopodes décrite par Muir-Wood (Muir-Wood, 1938) disparaît au fur et à mesure que l'on monte dans la série des crags fossilifères tandis que la proportion de Mollusques boréaux augmente, et le seul Brachiopode que l'on rencontre dans les assises supérieures est *Hemithyris psittacea* Gmelin, espèce d'eaux froides qui vit encore de nos jours. Huxley (Huxley, 1942, p. 381, a attiré l'attention sur les effets différents de l'époque glaciaire sur la vie des plantes en Europe et ailleurs ; il s'y forma de véritables barrières géographiques qui empêchèrent toute migration vers le S dans le premier cas, avec comme conséquence l'extinction des espèces, tandis que dans le second la flore préglaciaire émigra vers le S, mais revint quand le climat fut adouci. Il est possible que les grands Térébratulidés côtiers du Pliocène s'éteignirent parce qu'ils furent incapables de profiter, à cette époque, des facilités de migration vers des eaux plus profondes, ou que ces facilités ne se présentèrent pas. Les Térébratulidés actuels pour la plupart se rapportent à des espèces de *Liothyrella* et de *Gryphus*, en plus de quelques autres formes d'eaux profondes.

Revenons à l'Éocène de l'Europe occidentale. Il est intéressant d'y examiner la distribution des Térébratulinidés ; elle montre très clairement les relations entre la répartition des espèces et l'écologie.

Pendant tout le Crétacé supérieur, ces petits Brachiopodes étaient assez communs dans la mer de la craie, et représentés par des espèces se rapportant à deux ou trois rameaux distincts. Dans l'Éocène, par

contre, leurs apparitions sont sporadiques et régies par la persistance et l'extension de transgressions marines successives. Dans le Landénien marin de Belgique (Thanétien) on rencontre *Terebratulina Woodi* (Nystr), grand Térébratuliné (sa longueur dépasse 30 mm) dont le jeune, d'après la figure de Vincent (Vincent, 1893, pl. III, fig. 10), présente des affinités avec les formes crétacées. Cette espèce a été rapprochée de *Terebratulina wardenensis* ELLIOTT (Elliott, 1938, p. 131), mais la comparaison a surtout porté sur l'appareil brachial, et la similitude de morphologie et de développement de ces deux espèces ne saurait être comparée à l'extrême ressemblance qui existe entre *T. wardenensis* et *Terebratulina tenuistriata* LEYMERIE. *T. Woodi* est rare et confiné dans le Landénien marin de Belgique; il disparaît avec le retrait de la mer indiqué par les dépôts continentaux superposés.

L'espèce suivante à examiner est *T. wardenensis* ELLIOTT de l'argile de Londres (London clay) d'Angleterre.

Elle apparaît sur la côte de l'Essex, au NE de Londres, dans une argile sédimentaire dure, associée à un Crinoïde, *Balanocrinus subbasaltiformis* (MILLER), (Johnson, 1901; Elliott, 1939), qui indique un horizon inférieur du London clay (Wrigley, 1924, 1940). Dans la région de Londres elle se rencontre d'abord dans l'horizon à *Balanocrinus*, puis, un peu plus haut, vers le milieu de la formation où elle est suffisamment répandue pour servir de fossile caractéristique de cet horizon, et enfin elle existe en abondance au sommet du London clay vers l'E, dans l'île de Sheppey (Elliott, 1938, p. 131); elle se trouve toujours dans une argile dure, indiquant une mer assez profonde. L'espèce manque dans les argiles sableuses supérieures, déposées dans des eaux peu profondes, qui représentent le sommet de la formation dans le district de Londres; ce niveau est cependant plus riche en Mollusques que l'ensemble des couches qu'il surmonte.

En outre, dans le rapport sur le forage Cuxhaven 10 (Gripp, 1924), au NW de l'Allemagne, *Terebratulina* et *Pentacrinus* sont signalés dans la partie inférieure d'environ 70 m de couches rapportées au London clay, entre 14 et 30 m au-dessus de la base, soit dans une position relative très analogue à celle de l'horizon à *Balanocrinus* du London clay d'Angleterre. Peut-être même la couche est-elle plus ancienne que celle d'Angleterre (Wrigley, 1940, p. 244). Tous les efforts de l'auteur pour examiner ces fossiles ont été vains: le Professeur Wysogorski lui a fait savoir (par lettre de 1939) que les échantillons, pyritisés, étaient tombés en poussière, mais il semble très probable que c'étaient des échantillons de *T. wardenensis* et de *B. subbasaltiformis*. On ne peut tirer parti de la citation de Davidson relative à l'Italie (Davidson, 1870, p. 400).

Ainsi donc *T. wardenensis* semble avoir prospéré dans les eaux assez profondes de la mer du London clay au delà de l'em-

placement de la mer du Nord actuelle, avançant et se retirant avec la transgression marine venue du N. Il manque dans le London clay sableux du bassin du Hampshire et dans l'W du bassin de Londres, et est interprété par l'auteur comme une espèce septentrionale. Les autres Brachiopodes du London clay : *Lingula tenuis* J. SOWERBY, *Discinisca* sp. et *Terebratula hantoniensis* MUIR-WOOD semblent être venus de la direction opposée (seul *L. tenuis* atteint le bassin de Londres), peut-être par une communication SW avec la Téthys, qui était plus chaude ; les deux premiers genres sont actuellement adaptés aux conditions des eaux côtières chaudes et peu profondes et *T. hantoniensis* (qui ne se rencontre guère en grand nombre que dans un seul gisement) (Elwes, 1888 ; Walker, 1889), est localisé dans une région chargée de galets, sur un fond de mer d'ailleurs vaseux, sa fixation se faisant soit directement sur les cailloux, soit sur les colonies de Bryozoaires adhérent aux cailloux.

Tournons-nous maintenant vers le S de la France et examinons l'espèce *Terebratulina tenuistriata* (LEYMERIE).

Ce fossile se trouve en grande abondance dans des marnes rapportées au Lutétien inférieur et moyen dans les départements de l'Aude et de l'Hérault (Mont Cayla, N des Corbières, etc...) et dans les localités dont Doncieux donne la liste dans sa monographie (Doncieux, 1905, 1926). D'autres Térébratulidés, plus rares, l'accompagnent (*T. Venei* (LEYM.), *T. aussillensis* DONCIEUX, *T. subtriangula* K. MAYER), ainsi que des Térébratulidés (*Terebratula montolearensis* LEYM., *T. bisinuata* LMK., *T. atacica* DONCIEUX, *T. Miqueli* DONCIEUX et *T. agelensis* DONCIEUX) (*op. cit.*). Comme la plupart des régions tertiaires de l'Europe au N de la Téthys, la région est de celles où la mer avance et se retire (Doncieux, 1907, p. 457, 460) et les Brachiopodes se trouvent dans des marnes franchement marines indiquant des eaux assez profondes. *T. tenuistriata* réapparaît à l'W, dans diverses localités du bassin de l'Adour, près de Bayonne, et dans la succession de la côte des Basques à Biarritz (Douvillé, 1905) ; dans les deux cas il se rencontre dans des marnes correspondant à des eaux assez profondes, accompagné d'un Térébratulidé (*Liothyrina Delbosi* D'ARCH.), et de Crinoïdes (*Pentacrinus didactylus*). Il manque dans les couches plus fossilifères déposées plus près du rivage et occupait la partie la plus profonde de la mer transgressive (*op. cit.*, p. 53). Son âge est bartonien inférieur d'après Douvillé, c'est-à-dire auversien pour Boussac (Boussac, 1908). Ailleurs *T. tenuistriata* a été signalé de différentes localités de l'Europe centrale et du N de l'Italie (Haug, 1920), dont l'âge est ordinairement indiqué comme priabonien. L'auteur n'a pu examiner d'échantillons de ces localités.

Si maintenant nous comparons *T. tenuistriata* à *T. warde-*

nensis, nous voyons qu'ils ont certains caractères communs. Tous deux se plaisent dans des eaux assez profondes, loin de la zone sublittorale où les Mollusques abondent, et leur distribution dépend de l'extension des diverses transgressions marines survenues pendant la période. On les trouve souvent associés tous deux à des Crinoïdes, autre ancien groupe géologique qui s'est retiré dans les eaux plus profondes au Tertiaire et de nos jours, exactement de même que les Brachiopodes actuels *Waldheimiathyris cranium* (MULLER) et *Dallina septigera* (LOVÉN) se rencontrent avec des Crinoïdes dans des eaux assez profondes au large des côtes de Norvège. Une telle association d'un Brachiopode et d'un Crinoïde n'est pas si rare dans le Tertiaire (parex. Prever, 1907; Beets, 1942). Enfin les deux espèces éocènes étaient « chez elles » sur un fond de mer vaseux ordinairement peu propice aux Brachiopodes qui préfèrent se fixer sur des pierres ou autres corps solides. On a comparé (Elliott, 1938, p. 129) *T. wardenensis* à un Térébratulinié actuel, *Chlidonophora*, chez lequel le pédoncule se divise en racicules qui s'entortillent autour de Foraminifères (Blochman, 1906) et compense ainsi l'absence de corps solides comme points d'attache; cette modification du pédoncule qui est ordinairement court, ou une similaire, est peut-être plus commune qu'on ne l'a supposé jusqu'ici; Wesenberg-Lund (Wesenberg-Lund, 1940 a, fig. 2) a figuré un échantillon de Rhynchonellidé, *Neatretia gnomon* (Jeffrys) du Groenland, chez lequel le pédoncule a trois fois la longueur de la coquille et est filiforme sauf à sa base fixée qui est fibreuse et dilatée.

Tous deux, *T. tenuistriata* et *wardensis*, sont des espèces qui ont prospéré et on peut récolter ces fossiles en nombre suffisant pour étudier leurs variations à tous les stades de leur croissance. La comparaison de bonnes séries de Foncouverte (Aude) et de l'Île de Sheppey (Kent) montre que dans leur développement ils passent par une série de stades très analogues au point de vue de l'ornementation, de la taille et de la structure de la coquille au voisinage du foramen; les différences morphologiques entre eux résident principalement dans la forme générale et l'ornementation plus fine de l'espèce française. Cette dernière est de beaucoup la plus variable, ce qui permet de séparer les espèces morphologiques *Venei* (LEYMERIE) et *aussillensis* DONCIEUX. *T. wardenensis* est une forme septentrionale et *T. tenuistriata* une forme méridionale. On a vivement critiqué (par ex. Wrigley, 1924, p. 253) l'attribution d'espèces fossiles à des régions géographiques avec les déductions sur le climat qui en découlent. Dans

Le cas présent on peut objecter la différence d'âge (Yprésien et Lutétien), mais on peut donner un exemple tiré des Térébratulini-
dés actuels. *T. septentrionalis* (COUTHOUY) et *T. retusa* (LINNÉ)
sont si voisins qu'on les a souvent confondus; le premier se
trouve sur la côte américaine de l'Atlantique N et le second sur
la côte européenne. Toutefois, d'après les renseignements que
nous possédons sur la région arctique (Wesenberg-Lund, 1940 a,
b), la majorité des échantillons sont des *septentrionalis* qui se
répandent vers le S le long de la côte américaine avec le courant
froid du Labrador; par contre, la distribution de *retusa* est
apparemment déterminée par le Gulf stream qui est chaud, et on
ne cite l'association de ces deux espèces qu'au large du Finmark
(Norvège septentrionale) et au NE de l'Islande, dans deux localités
considérées comme des gîtes occasionnels pour *retusa*. Cependant
les deux espèces sont très voisines au point de vue morpho-
logique et ont dû diverger d'une souche commune, exactement
comme les espèces éocènes. Bien qu'il soit certainement hasardé
d'attribuer à une espèce déterminée une signification climatique
particulière, on doit se rappeler que de légères différences mor-
phologiques peuvent être le résultat indirect de différences consi-
dérables dans le climat.

Pour terminer il nous reste à considérer les Térébratulini-
dés du Bassin de Paris, du Cotentin et de la Bretagne, c'est-à-dire :
T. tenuilineata (BAUDON), *T. squamulosa* (BAUDON), *T. Putoni*
(BAUDON), *T. parisiensis* (DESHAYES), et *T. tenuiplicata* (DESHAYES).
Des échantillons étiquetés *T. Barbieri*¹ par Deshayes dans sa
collection ont été reconnus identiques à *T. Putoni* (BAUDON).
T. Morelleti ELLIOTT peut être négligé car c'est probablement un
représentant éocène du genre actuel d'eaux profondes, *Eucalathis*,
et l'espèce n'est connue que par un seul échantillon. Les Téré-
bratulini-
dés sont associés à divers petits Térébratellidés, la
plupart du genre *Argyrotheca* (*Cistella*), et à *Terebratula bisi-
nuata* LAMARCK. Quatre faits sont mis en évidence par une étude de
ces Brachiopodes: leur rareté numérique, le fort pourcentage d'indi-
vidus non adultes, la petite taille des autres et la difficulté de les
identifier avec certitude.

Ces Brachiopodes se rencontrent dans les couches fossilifères
du Bassin de Paris (Lutétien) et dans les faluns de la Bretagne
et du Cotentin, qui les uns et les autres ont fourni une des faunes
de Mollusques les plus riches et les plus abondantes du monde,
mais ils sont très rares et ne sont représentés que par quelques

1. Espèce inédite.

échantillons dans des collections que l'on a mis des années à réunir. La seule exception qui vienne à l'esprit est *T. Putoni* qui, dans les faluns à Cérithes d'Hauteville, dans le Cotentin, est localement abondant (L. et J. Morellet, 1940).

Si l'on compare les autres échantillons aux différents stades figurés pour *T. wardenensis* (Elliott, 1938), on trouve qu'un grand pourcentage a péri jeune; à la longueur de 1 à 2 mm, on remarque l'absence de plaques deltidiales, la valve dorsale est encore pourvue d'oreillettes et l'ornementation est encore noduleuse, n'ayant pas encore atteint le stade adulte caractérisé par ses côtes capillaires. Il est impossible de rapporter de tels échantillons à une espèce déterminée. Uhlig, en présence d'un problème analogue, a décrit un échantillon de l'Éocène des Carpathes comme *Terebratulina* sp. ind. aff. *parva* MATYASZ; sa figure représente un minuscule Térébratuliniidé non adulte à foramen triangulaire tel qu'on le rencontre chez les jeunes (Uhlig, 1886). De plus grands échantillons de France montrent les divers degrés de développement; les plaques deltidiales apparaissent à une taille plus petite que chez *T. tenuistriata* et *wardensis* et l'ornementation est variable; cette dernière est l'un des principaux caractères utilisés pour distinguer les espèces. *T. parisiensis* est adulte (14 mm de longueur), mais très rare; *T. squamulosa*, tel que Baudon l'a décrit, n'est probablement pas adulte (3 mm de longueur), mais l'auteur a pu examiner des échantillons plus grands présentant le même type d'ornementation écailleuse; quant aux *T. squamulosa* de Bretagne décrits par Cossmann (Cossmann, 1906, 1922), ils ne sont pas identiques à ceux du Bassin de Paris. *T. Putoni* paraît être une petite mais bonne espèce de 6 mm de longueur, avec apparition précoce de plaques deltidiales conduisant à un foramen adulte circulaire, et parfois tendance à une commissure antérieure des valves analogue à celle que l'on observe chez quelques grandes formes de Térébratuliniidés; mais il est difficile de déterminer les échantillons non adultes à moins qu'ils ne soient associés à des *T. Putoni* adultes, et ces derniers sont très variables dans leurs proportions. Cossmann, en cataloguant les espèces de Térébratuliniidés de Baudon et de Deshayes, a été conduit à comparer *parisiensis* à *tenuistriata* (LEYMERIE) et les autres espèces à *parisiensis* (Cossmann, 1892). On n'a que rarement rencontré ces formes dans des gisements autres que ceux de France. On a signalé *T. Putoni* dans le Laekenien (? Auversien) de Belgique (Davidson, 1874), où sa présence a été confirmée (Vincent, 1893, p. 48). *T. parisiensis* a été cité de l'Éocène de Transylvanie (Koch, 1894; Auversien d'après Haug, 1920, p. 1500), mais le fait est peu probable et demanderait confirmation.

Ainsi les Térébratuliniidés du N de la France témoignent nettement d'un milieu défavorable par leur rareté, la petite taille des adultes et le caractère non adulte de l'ensemble. Ce n'est pas le milieu physique qui est en cause, car il indique des eaux claires

relativement peu profondes, d'abondantes provisions de nourriture et une bonne fixation ; c'est le milieu biologique, la compétition vitale avec les Mollusques qui dominaient et réussissaient mieux. La variabilité de ces petits Brachiopodes concorde avec les observations résumées par Huxley (Huxley, 1942, p. 33) ; il établit que les espèces rares tendent à se subdiviser en groupes discontinus et ceux-ci, une fois séparés, ont une plus grande tendance à se différencier en espèces distinctes. Peut-être les larves de Brachiopodes étaient-elles entraînées en partie par des courants venant d'ailleurs : un échantillon de *Terebratulina* (Coll. Morellet, Lutétien de Chaussy, Seine-et-Oise) ne peut être comparé qu'à un jeune *T. tenuistriata* (LEYMERIE) du S de la France, bien qu'ils ne soient pas identiques. On connaît ailleurs des exemples du même phénomène (tels les deux seuls minuscules Brachiopodes non adultes des Bracklesham beds d'Angleterre, Auversien) (Elliott, 1938, p. 131, note infrapaginale). Que *T. wardenensis* fasse partie de la faune parisienne, c'est très douteux, puisque l'équivalent du London clay dans le Bassin de Paris n'est pas encore connu avec certitude (Wrigley and Davis, 1937 ; Leriche, 1942 ; L. et J. Morellet, 1944), et seul *T. Putoni* descend dans le Cuisien. On connaît la définition de l'espèce par Tate Regan : une espèce est une communauté, ou un nombre de communautés voisines, dont les caractères morphologiques distincts sont, de l'avis des systématiciens compétents, suffisamment définis pour qu'on puisse lui ou leur conférer un nom spécifique (Regan, 1926) ; cette définition s'applique particulièrement aux animaux vivant en communauté tels que les Brachiopodes tertiaires et actuels dont les larves se fixent près de leurs parents dans des eaux assez profondes, au-dessous de l'atteinte des courants, et forment des groupes denses d'individus d'une seule espèce. Dans les temps pré-tertiaires, il se peut que les Brachiopodes sublittoraux aient hybridé jusqu'à un certain point. Mais la difficulté taxonomique de comparer de tels animaux quand ils n'ont pas l'occasion de former des communautés, comme dans l'Éocène du Bassin de Paris, est évidente. Les Térébratuliniidés du N de la France, peut-être à l'exception de *T. Putoni* (BARDON), ne sont pas des espèces dans le même sens que les espèces de l'Angleterre et du S de la France.

En résumé, le déclin des Brachiopodes dans le Tertiaire ne doit s'expliquer ni par une modification de leur structure ni par une dégénérescence, mais par leur inaptitude constitutionnelle à lutter victorieusement avec les Mollusques lorsque les conditions

changent. Dans la région européenne cette lutte a eu pour résultats le retrait des Brachiopodes sur le rebord du seuil continental, comme de nos jours, et la distribution actuelle des espèces dans l'Atlantique et la Méditerranée. Les Térébratuliniidés éocènes de l'Europe occidentale n'ont prospéré, nous l'avons vu, que dans les eaux assez profondes, et non dans la zone peu profonde bien que celle-ci leur fût physiquement favorable et qu'ils l'eussent occupée à la fin du Crétacé. Enfin les effets de cette distribution sur la taxonomie ont fait l'objet d'une discussion spéciale.

Pour terminer, je tiens à exprimer toute ma gratitude à M. Jean Morellet qui non seulement m'a communiqué les Brachiopodes éocènes que son frère et lui-même ont récoltés dans le N de la France, mais aussi s'est chargé très aimablement de la tâche délicate de traduire en français mon manuscrit. Je dois également adresser mes remerciements à M. le Conservateur de la Géologie du British Museum et à M^{lle} le Docteur Muir-Wood qui m'ont autorisé à examiner les échantillons des collections dont ils ont la garde.

BIBLIOGRAPHIE

- BEETS (C.), 1942. — Die Geologie des westlichen Teiles der Berge von Monferrato zwischen Turin und Murisengo. *Leidsche Geol. Mededeel.*, Leyde, XII, p. 203.
- BLOCHMANN (F.), 1906. — Neue Brachiopoden der Valdivia-und-Gaussexpedition. *Zool. Anz.*, Leipzig, XXX, p. 695.
- BOUSSAC (J.), 1908. — Note sur la succession des faunes nummulitiques à Biarritz. *B. S. G. F.* (4), VIII, p. 237-235, 1908.
- COSSMANN (M.), 1892. — Cat. illustré des Coq. Foss. de l'Éocène des env. de Paris. *Ann. Soc. Roy. Malac. Belg.*, Bruxelles, XXVI, (1891), p. 12.
- 1906. — Mollusques éocéniques de la Loire-Inférieure. *Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest France*, Nantes (2), VI, p. 249, pl. XV, fig. 22-24.
- 1922. — Deuxième supplément aux Mollusques éocéniques de la Loire-Inférieure. *Ibid.*, Nantes (4), II, p. 157, pl. IV, fig. 39-40.
- DAVIDSON (T.), 1870. — On Italian Tertiary Brachiopoda. *Geol. Mag. London*, VII, p. 359-370, 399-408, 460-466, pl. 17-21.
- 1874. — On the Tertiary Brachiopoda of Belgium, etc. *Ibid.*, (n. s.), 2^d déc., I, p. 155-156, pl. VII, fig. 15, 15 a.
- 1878. — On the Brachiopoda dredged by H. M. S. « Challenger ». *Proc. Roy. Soc. London*, XXVII, n° 188, (1878), p. 1-12.
- DONCIEUX (L.), 1903. — Catalogue descriptif des Fossiles nummulitiques de l'Aude et de l'Hérault. 1^{re} partie; Montagne Noire et Minervois. *Ann. Univ. Lyon*, (n. s.), Sc.-Méd., fasc. 17, p. 1-184, pl. I-V, fig. dans le texte 1-3. Brachiopodes, p. 85-94, pl. IV.
- 1907. — L'Éocène inférieur et moyen des Corbières septentrionales. *B. S. G. F.* (4), VI, p. 449-460, 2 fig., 1906.

- DONCIEUX (L.), 1926. — Catatogue descriptif des Fossiles nummulitiques de l'Aude et de l'Hérault. 2^e partie : Corbières septentrionales. *Ann. Univ. Lyon*, (n. s.), Sc.-Méd., fasc. 45, p. I-VII, 1-99, pl. I-VIII, fig. dans le texte 1-33. Brachiopodes, p. 7-18, pl. I-II.
- DOUVILLÉ (H.), 1903. — Le terrain nummulitique du bassin de l'Adour. *B. S. G. F.* (4), V, p. 9-35, 4 fig., 1903.
- ELLIOTT (G. F.), 1938. — A London Clay Brachiopod. *Proc. Geol. Assoc. London*, XLIX, p. 128-134, fig. 22-23.
- 1939. — Note on the Musclature of *Terebratulina wardenensis* of the London Clay. *Ibid.*, L, p. 160.
- ELWES (J. W.), 1888. — Sections opened on the New Railway from Fareham to Netley. *Pap. Proc. Hants. Field Club*, Southampton, I, n° 2, p. 34.
- GRIPP (K.), 1924. — Ueber das Alttertiär von Hemmoor, ein Beitrag zur Stratigraphie Nordwest-Deutschlands. *Jahresb. Niedersachs. geol. Ver. Hannover*, XVII, p. 133.
- HAUG (E.), 1920. — Traité de Géologie (2), III (Nummulitique, Néogène et Quaternaire), p. 1397-2024, 2^e éd.
- HUXLEY (J.), 1942. — Evolution : the Modern Synthesis. Londres, in-8°, p. 1-645.
- JOHNSON (J. P.), 1901. — The Eocene Flora and Fauna of Walton-Naze, Essex. *Essex Naturalist*, Stratford, XI, p. 285-287.
- KOCH (A.), 1894. — Die Tertiärbildungen des Beckens der Siebenbürgischen Landestheile. I. Paläogene Abteilung. *Mitth. a. d. Jahrb. d. kgl. ung. Geolog. Anst.*, Budapest, X, p. 241.
- LERICHE (M.), 1942. — Sur les sables et tuffeau de Mont-Notre-Dame (Aisne) et sur leurs équivalents dans le bassin belge. *C. R. somm. S. G. F.*, 18 mai 1942.
- MORELLET (L. et J.), 1940. — Études sur les Algues calcaires de l'Éocène du Cotentin. *B. S. G. F.* (5), X, p. 206, 1940.
- 1944. — L'âge du Tuffeau de Mont-Notre-Dame (Aisne). *C. R. somm. S. G. F.*, 6 novembre 1944.
- MUIR-WOOD (H. M.), 1938. — Notes on British Eocene and Pliocene Terebratulas. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, London (11), II, p. 154-181, fig. 1-5 dans le texte.
- ORTON (J. H.), 1914. — On Ciliary Mechanisms in Brachiopods and some Polychaetes, etc. *Journ. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, Plymouth, (n. s.), X, p. 283-311.
- PREVER (P. L.), 1907. — Aperçu géologique sur la Colline de Turin. *Mém. S. G. F.* (4), I, Mém. n° 2, p. 13-15.
- REGAN (C. Tate), 1926. — Organic Evolution. *Rept. British. Assoc. for 1925*, London, p. 75.
- SACCO (F.), 1902. — I Brachiopodi dei terreni terziarii del Piemonte e della Liguria, 150 p., 6 pl. Turin, in-4°.
- SCHUCHERT (C.), 1911. — Palaeographic and Geologic Significance of Recent Brachiopoda. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, Washington, XXII, p. 258-275.
- THOMSON (J. A.), 1927. — Brachiopod Morphology and Genera (Recent and Tertiary). *New Zealand Board of Science and Art, Manual* n° 7. Wellington, in-8°, p. I-VI, 1-338, pl. I-II, fig. 1-103 dans le texte.
- UHLIG (V.), 1886. — Über eine Mikrofauna aus dem Alttertiär der westga-

- lizischen Kärpathen. *Jahrb. der k. k. geol. Reichanst.*, Vienne, XXXVI, p. 240, pl. II, fig. 4.
- VINCENT (E.), 1893. — Contribution à la Paléontologie des terrains tertiaires de la Belgique: Brachiopodes. *Ann. Soc. Roy. Malac. Belgique*, Bruxelles, Mém. XXVIII, p. 38-64, pl. III-IV.
- WALKER (J. F.), 1889. — On *Terebratula bisinuata* (Lamarck) from the London Clay of Hampshire. *Ann. Rept. Yorks Phil. Soc.* for 1888, York, p. 35-36.
- WESSENBERG-LUND (E.), 1938. — Brachiopoda: *Zoology of Iceland*, IV, pt. 67, p. I-XI, fig. 1-2. Copenhagen, in-8°.
- 1940 a. — Brachiopods from the Waters west of Greenland. *Medd. Grønland*, Copenhagen, LXXX, n° 6, p. 1-24, fig. 1-9.
- 1940 b. — The Zoology of E. Greenland: Brachiopoda. *Ibid.*, Copenhagen, CXXI, n° 3, p. 1-12, fig. 1-2.
- WRIGLEY (A.), 1924. — Faunal Divisions of the London Clay, illustrated by some Exposures near London. *Proc. Geol. Assoc. London*, XXXV, p. 245-259.
- 1940. — The Faunal Succession in the London Clay, illustrated in some new exposures near London. *Ibid.*, LI, p. 239-245.
- WRIGLEY (A.) and DAVIS (A. G.), 1937. — The Occurrence of *Nummulites planulatus* in England with a Revised Correlation of the Strata containing it. *Ibid.*, XLVIII, p. 219-224, pl. XVIII.
-

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE TECTONIQUE DE LA MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

PAR **P. Russo**¹.

GÉNÉRALITÉS.

L'histoire des montagnes méditerranéennes occidentales est fort complexe. Si les Alpes apparaissent clairement comme nées d'une poussée vers un avant-pays sur lequel se sont déversés plis et nappes, bien des obscurités entourent les rapports des Alpes occidentales avec le NE de la Corse et l'Apennin, ou entre ce dernier et la Sicile. Il en est de même pour ceux des Pyrénées, du Massif corso-sarde et du Massif bético-rifain avec l'ensemble du système alpin.

Il m'a paru que ces obscurités pourraient être levées en grande partie en faisant appel à un facteur qui jusqu'à présent semble avoir été méconnu.

On sait qu'une aire tectonique rigide, plus large qu'épaisse, comprimée tangentiellement, peut, suivant la résistance du tréfonds et le point d'application de la pression tangentielle, se bomber en voussoir (*anticlinal de fond*) ou se creuser en cuvette (*synclinal de fond*). Hans Cloos a donné [1] un schéma sommaire des conditions dans lesquelles se développent les tensions dans une aire bombée en voussoir, et fait voir que, si la pression tangentielle est continue, il se produit d'abord un étirement des couches hautes, puis des fractures de réadaptation. Ces fractures partagent le voussoir en fragments dont chacun tend à être tangent, en sa partie la plus élevée, à la courbe que dessinerait le voussoir si, plastique, il s'était étiré librement².

Ces fragments rigides sont ainsi séparés par des failles dont le regard est tourné vers le centre du voussoir. Elles se produisent d'abord en surface et descendent ultérieurement vers les régions profondes, c'est-à-dire qu'elles vont des régions rigides vers les régions plastiques (action de la température et de la pression).

La compression tangentielle tend à rétrécir l'aire considérée, ce qui se traduit d'abord par le bombement, puis, lorsque les fractures ont disjoint les parties rigides superficielles, par une tendance de celles-ci à se déplacer horizontalement en glissant sur les parties pro-

1. Note présentée à la séance du 3 février 1947.

2. Il se produit ainsi un *affaissement relatif* de la partie centrale du voussoir par rapport aux piédroits.

4 février 1948.

fondes plastiques et à se chevaucher les unes les autres, en direction du centre du voussoir. Ainsi, les failles, normales en haut, deviennent inverses en profondeur et dessinent des surfaces listriques. La pesanteur ajoute son action à celle de la pression tangentielle pour diminuer encore l'espace imparti et les fragments centraux, clef de voûte, sont les plus intéressés par elle. Saisis entre les fragments opposés des deux piédroits, ils sont écrasés entre eux. Leurs parties profondes, plastiques, refluent vers le bas, leurs parties hautes sont portées vers le haut, puis éjectées en quelque sorte, fragmentées, et leurs fragments sont déjetés de part et d'autre de la zone écrasée. Si les piédroits sont fortement inclinés, la zone centrale sera tout entière chevauchée et chassée vers le bas, ce qui donnera lieu à un *affaissement absolu*. Si des couches sédimentaires plastiques revêtent le voussoir, elles sont plissées par ces divers mouvements, et celles revêtant les fragments écrasés peuvent être plissées plusieurs fois et empilées en plis couchés superposés et en nappes qui seront ainsi *nés d'un écrasement, mais mis en place sous l'action de la poussée tangentielle et de la pesanteur (poussée au vide et glissement)*. Les divers fragments du voussoir peuvent, s'ils sont assez étendus, subir des bombements qui en font des *plis de fond* moins vastes que celui du voussoir primitif.

Dans le cas d'une cuvette, les mêmes phénomènes se produisent mais en sens inverse. Dans les synclinaux de fond comme dans les géosynclinaux proprement dits, si l'un des flancs se trouve plus bas que l'autre, le déversement des plis se produira du côté le plus bas et nous aurons, comme dans le cas de l'écrasement, des plis couchés et, si la poussée est intense, des nappes.

Partant de ce mécanisme concret et vérifié expérimentalement [2] nous allons tenter d'éclairer le mode de formation des chaînes méditerranéennes, mais sans jamais oublier que l'on doit « s'efforcer de ruiner ses propres expériences et ne proclamer une découverte que lorsqu'on a épuisé toutes les hypothèses contraires » (Pasteur). Je me suis efforcé d'appliquer cette règle, mais je ne puis ici faire la critique de toutes les hypothèses que j'ai dû éliminer, car la place qui m'est impartie est trop limitée. Toutefois je dois signaler un point particulièrement frappant : dans toutes les hypothèses envisagées jusqu'à présent pour comprendre la genèse du Massif bético-rifain, on est amené à envisager la formation des plis de la Bétique et du Rif comme dus à l'appui de l'Afrique contre l'Europe. C'est donc dans la région où se fit le premier contact entre ces deux continents, que doivent être nés les premiers accidents intéressant l'Ibérie et le Maroc. Or, on constate que ce sont au contraire *les plis de fond, éloignés de Gibraltar, qui sont les accidents les plus*

anciens et que les accidents de la zone de Gibraltar sont les plus récents du pays. Dans l'hypothèse que je propose, la chronologie des accidents est, au contraire, respectée. On verra de même que, pour les Pyrénées, ou pour le prolongement alpin en Corse, toutes les hypothèses proposées ne donnent que des résultats incomplets, alors que celle que j'envisage éclaire largement le problème.

ÉTUDE TECTONIQUE.

1. *Le cadre méditerranéen.* — a) Au NW de la Méditerranée, trois massifs hercyniens, séparés par des zones déprimées, se groupent en un arc de cercle convexe vers le NW. Ce sont les massifs *Rhénan* (Ardenne, Massif schisteux rhénan, Vosges-Forêt Noire, Bohême), *Français* (Massif Central français, Armorique), *Ibérique* (Meseta ibérique). Au SE, s'étend le *Bâti ancien berbère* (Meseta marocaine, Bâti profond des Atlas, Meseta oranaise), annexe du môle saharien. Il s'aligne E-W et détache vers le NE un promontoire important attesté depuis le Jurassique sous forme tantôt de presqu'île, tantôt d'îles séparées de l'Afrique par des hauts fonds. C'est le *Promontoire adriatique*. La Berbérie et le Promontoire adriatique forment comme les branches d'un compas ouvert vers le NW. Les massifs anciens du NW et ceux du SE se raccordent ainsi en une ceinture discontinue enveloppant des pays plus récemment plissés. Ces pays appartiennent à une zone géosynclinale ou subsidente de forme annulaire glissant des sortes d'expansions latérales plus ou moins profondes sur les aires d'ennoyages qui séparent les massifs anciens. Ce sont, au NE, les *Alpes et le Jura*, sur l'aire *Bassin de Paris-Saône-Rhône* ; au NW, les *Pyrénées et la Chaîne ibérique*, sur l'aire *Garonne-Ebre* ; au SE, la *Bétique et le Rif*, sur l'aire *Guadalquivir-Sebou*. En direction du SE, il n'y a pas d'expansions latérales, l'anneau se ferme régulièrement par la continuation au SE du géosynclinal alpin, c'est-à-dire par la région apennine et tyrrhénienne, et par la continuation à l'E de la région subsidente du N berbère, c'est-à-dire par le Tell, la région kabylienne et nord-tunisienne.

Au milieu de cet anneau géosynclinal ou subsident, s'élève le Massif ancien *corso-sarde*.

b) Les mouvements tectoniques constatés au Maroc sont dus à une poussée tangentielle venue du SE (Fallot, Roch, Russo, H. Termier, etc.) [3]. Les plissements alpins ont également cette origine SE [4], c'est la poussée africaine contre l'Europe. Dans ce mouvement, le promontoire adriatique pousse de sa

pointe les dépôts du géosynclinal alpin vers le NW et les chasse en virgation forcée entre les massifs rhénan, français et corso-sarde, sur l'aire d'envoyage Bassin de Paris-Saône-Rhône. En même temps, le Massif herbère pousse un peu obliquement les dépôts de la région géosynclinale algéro-marocaine, contre le



FIG. 1. — Schéma des éléments tectoniques de la Méditerranée occidentale.

1. Massifs hercyniens NW et massifs marocain et corso-sarde. — 2. Régions de nappes et de plis couchés. — 3. Régions de plis de couverture. — 4. Zone axiale cristalline et hercynienne des Alpes. — 5. Massifs hercyniens internes des chaînes plissées périméditerranéennes. — 6. Raccords en mer, schématisés, des aires d'envoyage entre les massifs hercyniens. — 7. Les mêmes raccords sur les terres émergées. — 8. Limites schématisées du Massif berbère et du Promontoire adriatique (Positions moyennes du Jurassique au Pliocène). — 9. Grand accident sud-atlasien, limite entre le môle saharien et le bâti berbère. — A. Zone bassin de Paris-Saône-Rhône. — B. Zone Garonne-Èbre. — C. Zone Sebou-Guadalquivir. — D. Zone nord-berbère. — E. Zone apennine. — I. Massif rhénan. — II. Massif français. — III. Massif ibérique. — IV. Massif corso-sarde. — α. Massif berbère et Sahara. — β. Promontoire adriatique.

Massif ibérique et le Massif corso-sarde. Or, l'énergie mise en œuvre dans cette poussée est en partie absorbée, dans la région médiane de la Méditerranée, par la résistance opposée par les

fonds des géosynclinaux berbère et apennin et, au delà, par le Massif corso-sarde. Son action n'arrive que très atténuée aux Massifs ibérique et français. Au contraire, vers les Alpes et la Chaîne bético-rifaine, la pression est transmise aux géosynclinaux alpin et bétique, par la pointe du Promontoire adriatique et celle du Massif berbère, sans interposition. Mais nous verrons que, si, de ce fait résulte une plus grande intensité de plissement dans ces deux régions, il s'ajoute dans la seconde des actions absentes de la première.

2. *Les affleurements anciens du pourtour de la Méditerranée.*

— Les massifs anciens du SW sarde, de la Bétique, des Kabyles et du Rif sont bordés extérieurement (c'est-à-dire au N pour les deux premiers, au S pour les seconds), par des bandes de terrains plissés, avec déversements et nappes (Fallot, Blumenthal, Glangeaud, etc.). Ces massifs présentent souvent sur leur face interne des lambeaux de terrains de couverture. Le même dispositif des plissements et des terrains de couverture se retrouve en Sicile, en Calabre et dans le Massif de Savone. Les bandes d'assises externes déversées sont, comme les massifs anciens eux-mêmes, coupées en maints endroits par la mer et il faut rechercher sous les flots des indices permettant de les raccorder par interpolation. Nous montrerons plus loin quels sont ces indices, mais nous indiquerons dès à présent qu'on peut coordonner ces bandes plissées et leurs massifs anciens en deux ensembles grossièrement elliptiques, l'un occidental, à grand axe EW, entre Gibraltar et la Sardaigne (système bético-rifain), l'autre à grand axe NW-SE, entre le Golfe de Gênes et la Sicile (système apennino-sicilien), et qui sont séparés par le Massif corso-sarde.

3. *Le synclinal de fond transméditerranéen.* — La région de l'Aurès et du Bas Sahara correspond à un synclinal de fond [3], déjà indiqué au Nummulitique. Les terrains de tout âge du Maroc et de l'Algérie s'inclinent vers l'E, formant le flanc W de ce synclinal. Ceux de Tunisie s'inclinent vers l'W, formant son flanc E. Ce dernier pendage est particulièrement visible dans la région de Médenine à Tatahouine, où des assises subtabulaires de Crétacé, Jurassique et Trias pendent régulièrement en direction de Djeneien et Touggourt. Plus au N, à travers toute la Berbérie, on retrouve, moins nettement observable, ce même double pendage synclinal. Après l'interruption imposée par la mer, on retrouve le pendage oriental dans la Meseta ibé-

rique, le pendage occidental dans le Massif corso-sarde, l'Estérel, le Massif français. Ainsi, les deux flancs du synclinal de fond se continuent d'Afrique en Europe à travers la Méditerranée. Nous l'appellerons *Synclinal de fond transméditerranéen*. Son axe est, dans sa partie septentrionale, orienté NW-SE puis il s'infléchit, plus au S, en direction NNW-SSE et finit, au Sahara, par se diriger NS. Son flanc occidental plonge de façon générale vers le NE, mais, en outre, il se relève vers le N et s'abaisse vers le S, parallèlement à l'axe. On voit en effet le Paléozoïque culminer à 2.678 m en bordure du Golfe de Gascogne aux Picos de Europa, pour s'abaisser à la cote 200 m au pied E de la Meseta, passer au-dessous du niveau de la mer sur la côte espagnole et descendre à — 2.000 m environ au S de l'Aurès. Le flanc oriental, au contraire, bas situé dans le Golfe de Gascogne, s'élève vers le S et arrive à dominer le flanc W au droit des Hautes Pyrénées (Rouergue), puis il s'élève encore et nous trouvons le socle ancien à 1.793 m en Sardaigne. Plus au S, il s'abaisse à nouveau. Le flanc E tombe abrupt sur l'axe, de façon bien visible dans le Golfe de Gascogne et en Sardaigne. Le flanc W offre une pente plus douce. Ainsi dans le Golfe de Gascogne, les pentes sont très minimes sur le flanc E jusqu'à la cote — 200 m. Puis, sur 30 km, les fonds descendent de — 200 m à — 4.000 m. Au contraire, en face, sur la côte espagnole les fonds de — 200 m sont proches de la côte et la descente de — 200 m à — 4.000 m se fait sur 90 km. En Méditerranée de même, on voit les fonds passer de — 200 m à — 3.000 m sur 70 km en Sardaigne alors que sur la côte algérienne, et normalement à l'axe du synclinal, ils font cette même descente sur 400 km. Donc, d'une part, si le flanc SW est soumis à une poussée, il tendra dans le N, à chevaucher le flanc NE et l'inverse se produira plus au S. Si la poussée vient du SE, elle ne pourra avoir d'effet que dans le segment européen du synclinal, car au S de la côte provençale, l'orientation d'axe de celui-ci est SSE ou même franchement S. D'autre part, l'abrupt du flanc E semble indiquer la présence d'une fracture ou d'une flexure entre les deux flancs du synclinal.

4. *Les reliefs des fonds méditerranéens.* — a) Les plis rifains qui se poursuivent sur l'extrême N de la côte algérienne ainsi que les massifs cristallins des Kabyliés se redressent vers le N au delà de Bône et se perdent en mer. L'examen des fonds marins montre sur leur prolongement une crête sous-marine N-S, entre l'Algérie et la Sardaigne. Cette crête atteint la cote

— 1.280 m. A l'W, les fonds descendent rapidement à — 2.835 m et à l'E, à — 2.924 m. Cette crête se raccorde très nettement avec le massif ancien de l'Iglesiente dans le SW sarde, qui se comporte, dans son déversement vers le NE, comme le font les massifs kabyles dans leur déversement vers le S.

Une autre crête s'étend des Baléares à la Sardaigne. Elle offre deux orientations successives. Dans l'W, elle se dirige SW-NE, dans l'E, vers la Sardaigne, elle se dirige NW-SE. Ses cotes oscillent entre — 2.400 m et — 2.600 m; des fonds de — 2.900 m et — 3.000 m la bordent au N et au S. Une troisième crête très peu marquée, s'étend du N des Baléares à la Corse, à des profondeurs allant de — 1.800 m à — 2.400 m, elle est bordée au S par des fonds de — 2.600 m à 3.000 m et, au N, par des cotes à peine plus faibles que les siennes, c'est plutôt un talus qu'une crête. Des fosses de 3.242 m, 2.908 et 3.069 m s'ouvrent l'une près des côtes SW de Sardaigne, la seconde au S du rebroussement de la seconde crête, la troisième au N de sa branche occidentale. Ces trois fosses sont situées un peu à l'E de l'axe du synclinal de fond transméditerranéen et semblent en rapport avec l'abrupt de son flanc E déjà vu dans le Golfe de Gascogne.

b) Sur la côte orientale d'Espagne, au voisinage d'une ligne allant du Golfe du Lion à la région d'Almeria, les fonds passent

Légende de la fig. 2, pages 88 et 89.

1. Régions maritimes. — 2. Massif hercynien rhénan. — 3. Zone axiale des Pyrénées. — 4. Massifs hercyniens autochtones (autres que le rhénan) ou inclus dans les chaînes plissées (la zone houillère du Briançonnais n'est pas figurée). — 5. Plis de fond observés (a) ou inférés (b), schématiquement réduits à leur orientation. — 6. Région des plissements alpins et jurassiens. — 7. Dinarides. — 8. Nappes et plis couchés ou déversés vers l'extérieur des massifs anciens périméditerranéens, et terrains de revêtement sur la région interne de ces massifs. — 9. Zones affaissées nord-alpine et hongroise. — 10. Régions à revêtement posthercynien, plus ou moins intéressées par les plissements tertiaires ou leurs contre-coups. — 11. Bassins tertiaires étendus. — 12. Courbes de niveau des fonds marins. — 13. Inclinaison générale des flancs du Synclinal de fond transméditerranéen. — 14. Cotes des fonds et points dont la cote n'est pas portée sur le croquis pour éviter la surcharge graphique. A : 2385. B : 2276. C : 2253. D : 2904. E : 2745. F : 2624. G : 2463. H : 2834. — 15. Bord interne des massifs anciens et des aires de plis déversés ou couchés (plis de couverture compris) des deux ellipses méditerranéennes. — 16. Bord externe de ces mêmes massifs, trait mince sur les terres émergées, trait fort en mer. — 17. Axe du Synclinal de fond transméditerranéen. — 18. Orientations générales des plissements. — 19. Grand accident sud-atlasien et sa suite à l'Est (Accident sud-aurasien). — 20. Môle saharien. — 21. Emplacement de Touggourt. — 22. Revêtement mésozoïque du Môle saharien. — 23. Limite S des aires couvertes à l'Éocène par la mer dans le Synclinal de fond transméditerranéen sur le Sahara Nord. — 24. Orientation approximative des aires anticlinales de l'Europe septentrionale (α) et de l'Europe moyenne (β). — 25. Fracture catalane.

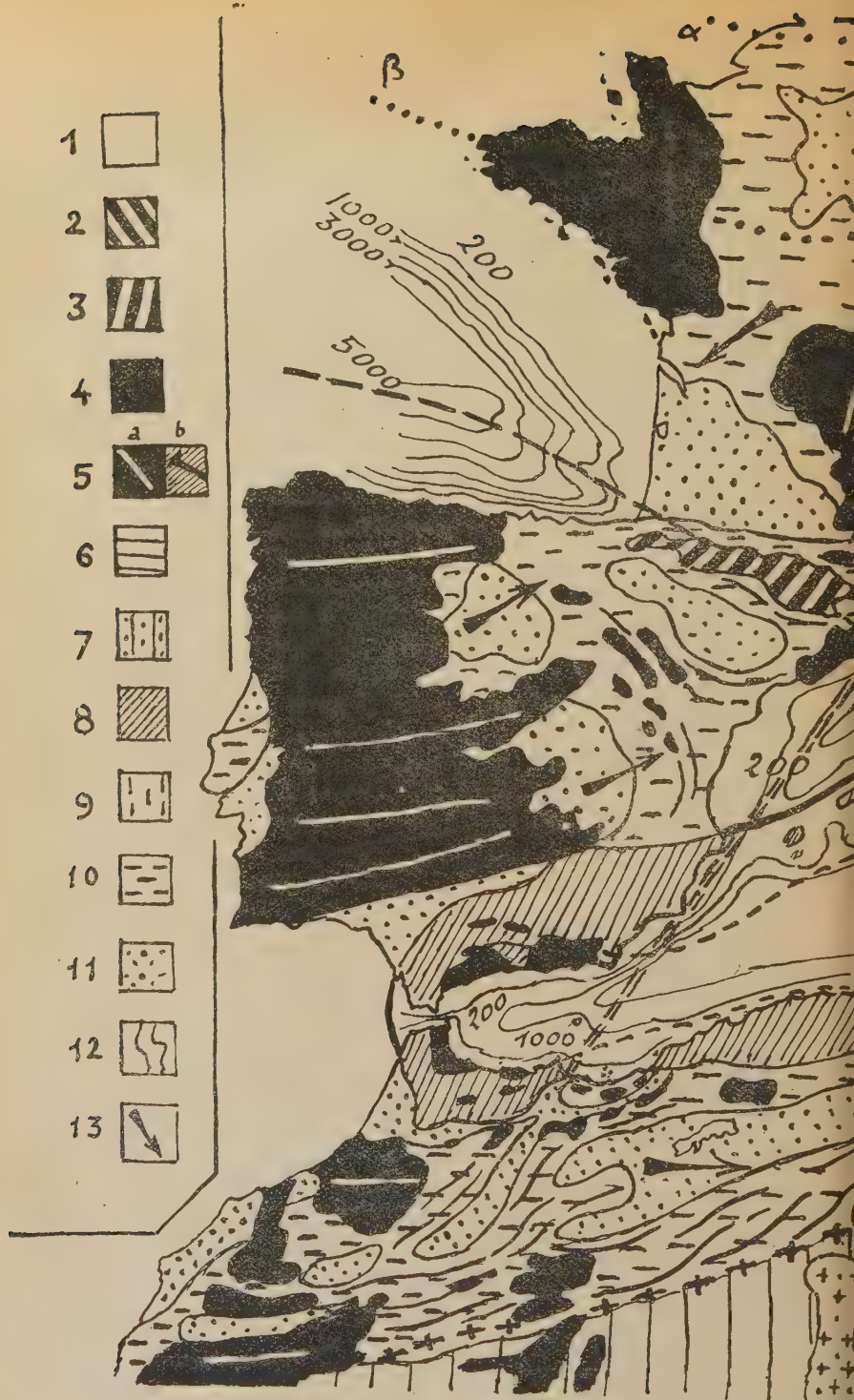
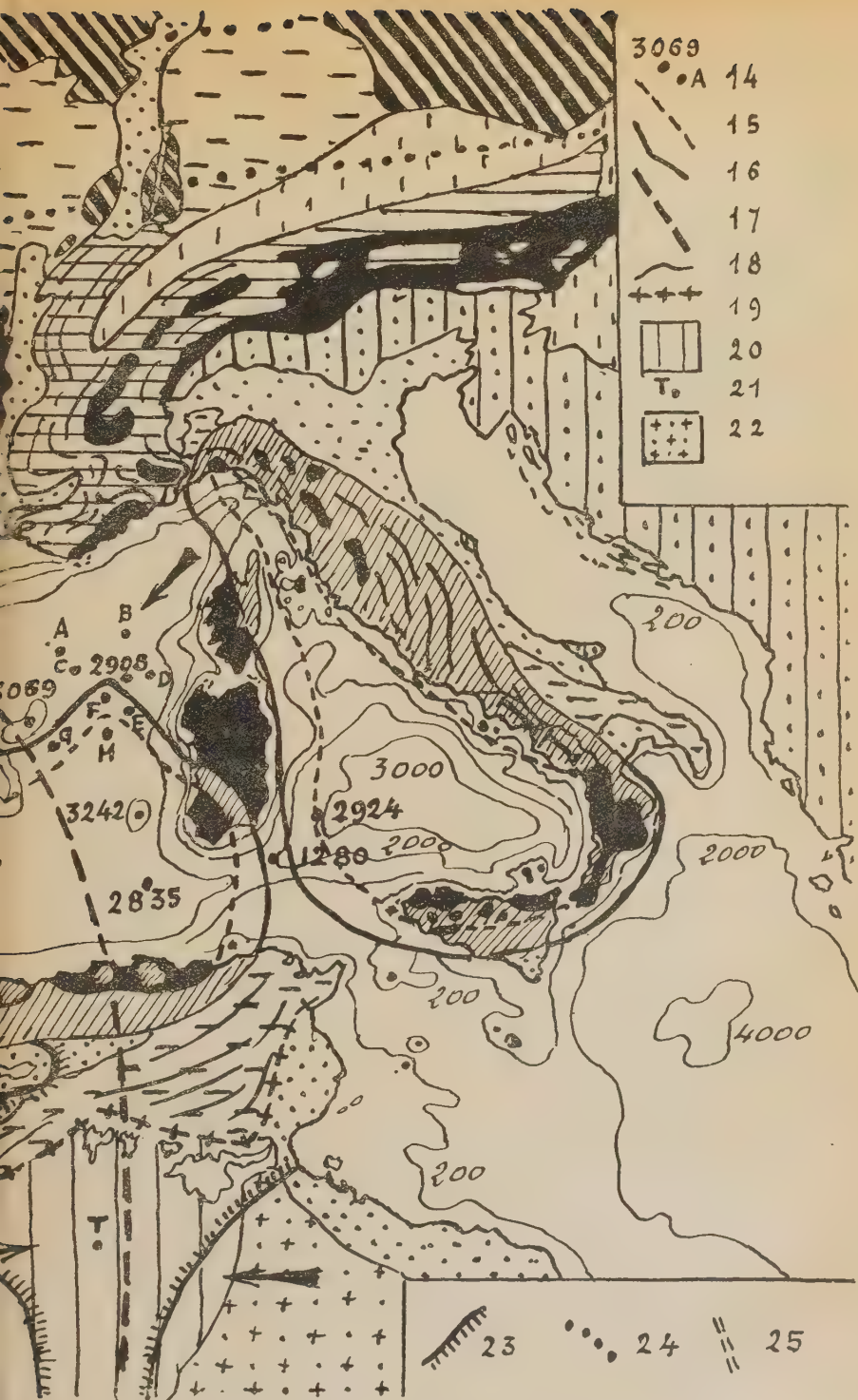


FIG. 2. — Croquis structural schématisé

Voir légende



Méditerranée occidentale (Projection Mercator).

de précédente.



FIG. 3. — Croquis structural sommaire de l'Ibérie et de la Berbérie.

Voir légende à la page 94.

très rapidement de — 200 m à — 2.000 m. Cette ligne s'approche de la côte surtout dans la région catalane où on la voit correspondre à une fracture d'âge probablement oligocène. Sur son prolongement méridional, se montre, le long du bord W de la vallée de la Moulouya, un accident de même âge, s'exprimant par des flexures, étirements ou fractures, se succédant sur 200 km, du Resdis au N de Midelt. Entre le Resdis et la mer, des dépôts post-oligocènes cachent l'accident. En mer, on trouve, entre la Basse Moulouya et Almeria, un talus aligné sur la même direction, et situé à — 1.200 m avec, à l'E, des fonds, rapidement atteints, de — 2.000 m. Cette longue ligne de diastrophisme marque une zone faible de la lithosphère en bordure d'un synclinal alpin au N, catalan au centre, bétique au S, qui forme la partie NW de l'anneau géosynclinal méditerranéen et tend à s'approfondir sous la poussée venue du SE.

c) Sur la côte algérienne, les fonds passent très rapidement de zéro à — 2.000 m, marquant la trace d'une longue fracture EW, intéressant la zone de Gibraltar (où elle participe à la création du détroit), et se poursuivant jusqu'au N de Bône.

d) En bordure de la côte italienne, les « ovals méditerranéens » dessinent les bords de fractures que soulignent les fonds marins et dont la présence est connue dès longtemps.

5. *Le bâti bético-rifain.* — L'ensemble du Massif ibérique et du Massif marocain se comporte comme un voussoir unique fracturé dans les conditions du schéma de Hans Cloos indiqué plus haut. Tout se passe comme si la poussée africaine contre l'Europe avait bombé le voussoir et que les tensions développées à sa partie supérieure y avaient provoqué d'abord des fractures de réajustement (d'où naissance de plis de fond ibériques et marocains), puis un écrasement de la région médiane entre les piédroits de la voûte. La succession des événements serait alors la suivante.

Légende de la fig. 3, page 90.

1. Socle ancien et terrains paléozoïques le revêtant. — 2. Régions où prédomine le Trias. — 3. Régions où prédomine le Jurassique. — 4. Régions où prédomine le Crétacé. — 5. Régions où prédomine le Tertiaire et Quaternaire. — 6. Régions replissées au Tertiaire en Catalogne. — 7. Massifs anciens, Chaîne calcaire et aire des écaïlles et nappes de la zone bético-rifaine. (Kabylies, Rif, Bétique, Baléares, non compris les plis de couverture nord-algériens.) — 8. Axes schématisés des principaux plis hercyniens. — 9. Au N, axe Estérel-Catalogne; au S, limite approximative du socle saharien proprement dit. (Accident sud-atlasien.) — 11. Limite externe supposée, en mer, de la zone bético-rifaine. — 10. Axes schématisés des plis de fond. — I à IV : Plis de fond d'Ibérie. — I' à IV' : Plis de fond du Maroc.

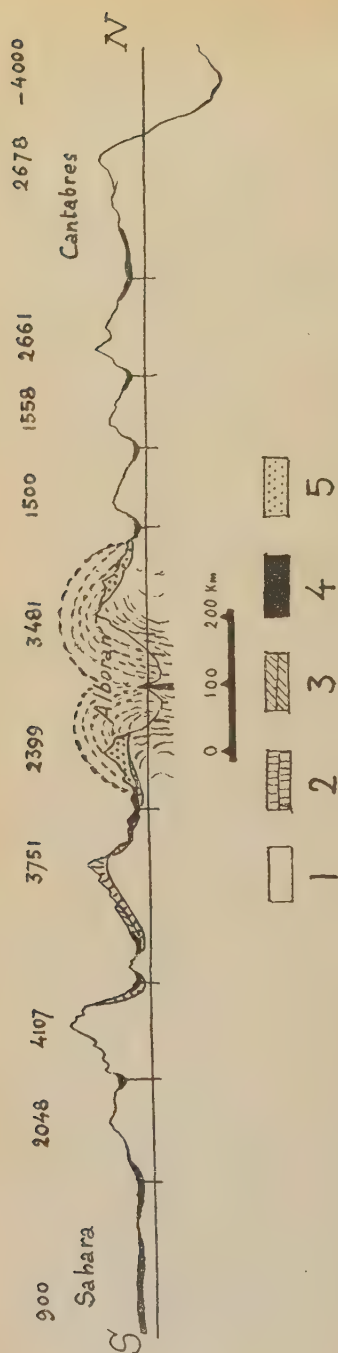


Fig. 4. — Coupe schématique de l'Ibérie et du Maroc, approximativement N-S, mais passant par les sommets principaux.

1. Socle et son revêtement paléozoïque. — 2. Trias et Jurassique. — 3. Crétacé. — 4. Tertiaire et Quaternaire. — 5. Régions de plis d'écrasement, écailles et nappes.

Bombement et développement des tensions jusqu'à la période anté-lutétienne avec formation des plis de fond. Ensuite, accroissement d'importance de ces plis, et à la période post-lutétienne, plissements de couverture des Atlas, et début de l'écrasement. Ces mouvements se poursuivent jusqu'au Miocène, puis, la pression tangentielle continuant, l'écrasement de la région médiane s'achève après l'Helvétien. Les terrains hauts sont éjectés, leur revêtement est plissé en plis superposés et en nappes qui forment la Bétique et le Rif.

Les conséquences de ces mouvements se développent dans un bâti intéressé antérieurement par la formation du synclinal de fond trans-méditerranéen, et de l'anneau géosynclinal, ainsi que, plus anciennement, dès les temps hercyniens, semble-t-il, par la présence des aires parallèles de l'Europe du N, Europe moyenne et Europe méditerranéenne. Aussi se feront-elles sentir dans toute la Méditerranée occidentale et à ses abords.

6. *Les massifs calabrais, sicilien et ligure.* — Dans le SW italien et en Sicile, le Massif de la Sila et les Monts Péloritains sont déversés vers l'E et le SE. En avant

d'eux, des assises secondaires et tertiaires, plissées et déversées dans le même sens, forment un arc de cercle ouvert au NW. Au delà, vers le N, on ne retrouve plus de massif ancien que dans l'île d'Elbe, et, en Ligurie, vers Savone. Tout l'ensemble de l'Apennin et des régions toscanes est revêtu de plis et de nappes déversés vers l'E et le NE et incorporant des massifs anciens ou laissant apparaître le substratum, comme dans la Chaîne métallifère. Enfin, tout au N, vers Savone, le massif exigu de roches cristallines qui plonge en mer, de la même façon que ceux des Kabylies ou de la Sila, est poussé au N et bordé sur son côté externe par une bande d'assises récentes plissées vers le N et le NW. Ainsi de la Sila à Savone les massifs anciens et leurs bordures externes plissées dessinent une vaste courbe tournée vers le SE, l'E, le NE, le N et le NW. Une bande analogue de terrains plissés, poussés cette fois vers le SW, couvre le NE corse, symétriquement à ce qui se passe en face, dans l'Apennin. Si nous appliquons ici la même conception qu'à l'arc bético-rifain, nous dirons que la compression du promontoire adriatique contre le Massif corso-sarde rétrécit la région intermédiaire. Elle abaisse par suite la partie géosynclinale (Apennin), et bombe la partie voussoir. D'où enfouissement du tréfonds de l'Apennin, relèvement du bord W de l'Italie avec fractures et plis de fond (traduits par les failles en escalier de Salerne). Le voussoir fracturé est de plus en plus comprimé, sa région centrale s'écrase et les terrains de revêtement se rabattent dans l'Apennin et la Corse, avec raccord par la Sicile et la Ligurie.

7. Les Pyrénées. — Dans le synclinal de fond transmédierranéen, nous avons, entre le Massif central français et le Massif ibérique, une dénivellation en faveur du premier, dans la région située au SE du méridien du Rouergue, en faveur du second, dans la région située au NW de ce méridien. Sous la poussée africaine, les éléments hercyniens des flancs du synclinal, originellement déversés au S vont être poussés davantage dans cette direction, ou repliés en sens contraire, suivant qu'il y aura chevauchement de l'un ou de l'autre flanc, c'est-à-dire que l'on sera à l'E ou à l'W du méridien du Rouergue. C'est ce chevauchement avec écrasement de la lèvre inférieure tantôt méridionale tantôt septentrionale qui donne naissance aux Pyrénées avec leur double déversement, aux plissements réflexes de la vallée de la Garonne et de celle de l'Èbre et aux plis de la Chaîne ibérique, contre-coup à distance du plissement pyrénéen.

8. *L'Estérel, les Montagnes catalanes.* — L'Estérel et les Montagnes catalanes apparaissent comme des fragments des flancs du synclinal transméditerranéen, chassés vers le NW et traduisant ainsi la poussée subie par le synclinal Alpes-Catalogne-Bétique tendant à faire chevaucher son bord SE sur son bord NW. L'Estérel peut être rattaché au Massif corso-sarde, les montagnes catalanes à la Meseta ibérique.

CONCLUSIONS.

La formation des plissements dans le système bético-rifain et le système apennino-sicilien, semble s'ordonner comme suit :

1° Poussée africaine rapprochant, dès le Jurassique, d'une part Berbérie et Ibérie, d'autre part Promontoire adriatique et Massif corso-sarde.

2° Formation dans chacune des aires délimitées par ces massifs, d'un voussoir bombé, et, entre ces deux voussoirs presque orthogonaux, d'un synclinal de fond transméditerranéen orienté NW-SE dans sa partie N et N-S dans sa partie S.

3° Chevauchement du flanc S de ce synclinal dans la partie située à l'W des Hautes-Pyrénées et de son flanc N sur son flanc S dans la partie située à l'E. D'où formation de la Chaîne pyrénéenne. Plus au S, l'axe du synclinal se trouvant à peu près sur l'axe de poussée il n'y a pas de chevauchement.

4° La pression africaine continuant, les deux voussoirs se fracturent en plis de fond affrontés, puis leurs régions médianes s'écrasent et les terrains de revêtement sont éjectés de part et d'autre en nappes et plis couchés.

5° Des déchirures se produisent, normalement ou parallèlement à la poussée, entre les parties rigides des massifs anciens et celles, souples, des géosynclinaux et sur les flancs du synclinal de fond qui s'infléchissant dès le Jurassique sous cette poussée donnent l'anneau géosynclinal. De là les fractures catalane et algérienne et les ovales méditerranéens.

6° Pendant ces événements, le promontoire adriatique pousse constamment vers le NW, contre les Massifs rhénan et central français, les terrains du géosynclinal alpin. Il en résulte la naissance de cordillères de plus en plus pressées, de plus en plus hautes. Après le paroxysme correspondant à la fracture des voussoirs, l'énergie de la poussée du SE n'est plus freinée par eux et la pression devient plus forte dans les Alpes ; les nappes déferlent en virgation forcée entre les Massifs rhénan, français et corso-sarde.

7° Les plis de couverture des At̄las, de la Chaîne ibérique, du Languedoc, etc., et les failles de divers âges viennent à leur place dans le temps, en fonction de ces accidents d'origine africaine.

8° La poussée du SE continuant et les régions plissées étant incorporées aux bâtis anciens, le synclinal de fond se creuse encore, les déchirures précédemment ouvertes s'étendent et s'approfondissent. Elles atteignent au Pliocène et au Quaternaire les zones profondes et livrent passage aux laves des volcans du pourtour de la Méditerranée placés sur les régions de passage des aires rigides aux aires plastiques. Le contre-coup de ces mouvements se fait même sentir dans les massifs anciens et l'on voit apparaître les volcans d'Auvergne, de l'Aubrac, du Moyen Atlas, du Haut Atlas, des Hauts Plateaux marocains.

BIBLIOGRAPHIE

1. HANS CLOOS. — Einführung in die Geologie. Edit. Gebrüder Bornträger. Berlin, 1936.
 2. P. RUSSO. — Considérations tectoniques sur l'affaissement de Saint-Bonnet-de-Joux. *C. R. somm. S. G. F.*, 20 janv. 1947.
 3. P. FALLOT. — Corrélations orogéniques des Chaînes marocaines. *CR. Ac. Sc.*, t. 242, 1941, p. 556, 648, 708, 923, 995.
 4. E. ARGAND. — Tectonique de l'Asie. Congrès géologique internat. Bruxelles, 1922, 1^{er} fasc., p. 171-372.
-

SUR LE MINÉRAI DE FER OOLITHIQUE DE MOULAINÉ
ET SUR LA PRÉSENCE DANS CE MINÉRAI
D'UN MINÉRAL PHOSPHATÉ

PAR M^{lle} S. Caillère ET F. Kraut ¹.

PLANCHES II ET III.

Le gisement de fer de Moulainé est situé dans la partie centrale du bassin de Longwy. Il comprend six horizons minéralisés : les couches verte, noire, grise, jaune rouge et le calcaire ferrugineux ². Nous les étudierons à l'exception du dernier dont nous n'avons pas d'échantillon à notre disposition.

I. ÉTUDE MICROSCOPIQUE ET THERMIQUE.

Les éléments transparents jouent un rôle prépondérant dans tous ces minerais, c'est pourquoi l'examen microscopique en lumière transmise est la principale méthode d'investigation utilisée dans ce travail. Après la description de chaque niveau, nous donnerons les résultats de l'analyse thermique qui complète dans beaucoup de cas l'étude optique.

Couche verte. — Cette couche est caractérisée par un nombre extrêmement élevé d'éléments phylliteux très fins. Les oolithes généralement homogènes, sont en chlorite imprégnée de stilpnosidérite. Elles n'ont que rarement un fragment de quartz clastique comme noyau.

Le minerai englobe des lamelles de mica muscovite, une grande quantité de quartz détritique de dimensions variables dont la plupart renferment des inclusions liquides.

La contribution des organismes à la formation du minerai de Moulainé est assez notable. Comme ils ont les mêmes caractères dans tous les niveaux, nous nous contenterons de décrire ici brièvement leurs constituants minéralogiques.

Ce sont des fossiles épigénisés en calcite et en stilpnosidérite et des débris d'os se présentant sous la forme d'un minéral à texture fibreuse

1. Note présentée à la séance du 20 janvier 1947.

2. L. CAYEUX. Les minerais de fer oolithiques de France, t. II, p. 175.

5 février 1948.

Bull. Soc. Géol. Fr. (5), XVII. — 7

faiblement biréfringent. Étant donné la finesse des fibres, il n'est pas possible de déterminer le signe optique du minéral, toutefois, son allongement est négatif. On peut le rapprocher de la dalhite. (Pl. III, fig. 3).

La gangue est très hétérogène ; l'abondance d'un minéral phylliteux lui donne un aspect particulier. Dans une masse brunâtre, le microscope révèle une multitude de paillettes argileuses difficiles à déterminer optiquement ; un grand nombre de concrétions rougeâtres ferrugineuses, des plages de chlorite verte et des agrégats de carbonate. La courbe thermique met en évidence sept inflexions endothermiques ; une vers 150° correspond au départ de l'eau de la stilpnosidérite, un crochet faible à 370° décèle la limonite, une inflexion marquée à 510° et un phénomène exothermique à 1050° caractérisent la kaolinite. Enfin, la courbe montre encore deux inflexions vers 610° et 670° qui doivent être rapportées à la chlorite. La calcite est mise en évidence par deux inflexions rapprochées dont la plus importante se place vers 900° (courbe 1).

En résumé la couche verte s'est formée dans un milieu particulièrement riche en éléments détritiques, où s'élaborent la chlorite et la kaolinite. Les oxydes de fer anhydres font totalement défaut.

Couche noire. — Dans cette couche apparaît un minéral opaque, la limonite, dont le rôle est encore très accessoire. Les oolithes sont en stilpnosidérite, elles ont un noyau, soit en limonite, soit en quartz seul ou associé à la calcite. Nous en avons observé une ayant un noyau de zircon, d'autres ont au centre un débris osseux jaune. Des anneaux concentriques de limonite se développent dans la zone corticale de la plupart des oolithes.

Le minerai englobe beaucoup de quartz, le plus souvent corrodé par le carbonate. Notons qu'un grand nombre de ces fragments présentent des contours cristallins et contiennent des inclusions liquides. D'autres éléments élastiques sont formés par des agrégats de calcite parfois lardés d'aiguilles de marcasite, certains montrent un début de remplacement par de la limonite. Signalons encore de nombreuses concrétions calcaires imprégnées de stilpnosidérite et quelques paillettes de mica muscovite. Les organismes calcaires sont nombreux ; on observe également des débris osseux.

La gangue est chloriteuse, parfois riche en éléments phylliteux. Certaines portions des espaces interoolithiques sont occupées par un carbonate, le plus souvent il s'agit de la calcite. Toutefois par endroits celle-ci est accompagnée par la sidérose. La courbe thermique présente trois inflexions endothermiques qui révèlent la présence de la limonite, de la chlorite et de la calcite (courbe II).

Couche grise. — L'étude de la couche grise est particulièrement intéressante par la présence d'un minéral phosphaté bien cristallisé.

Le minéral paraît hétérogène microscopiquement. La masse principale a une structure assez grossière, sa couleur est d'un brun jaunâtre, elle englobe des îlots d'une roche plus compacte gris foncé.

A. *Roches à gros grains.* — L'examen de plusieurs plaques minces nous a permis de constater que le ciment est tantôt chloriteux, tan-

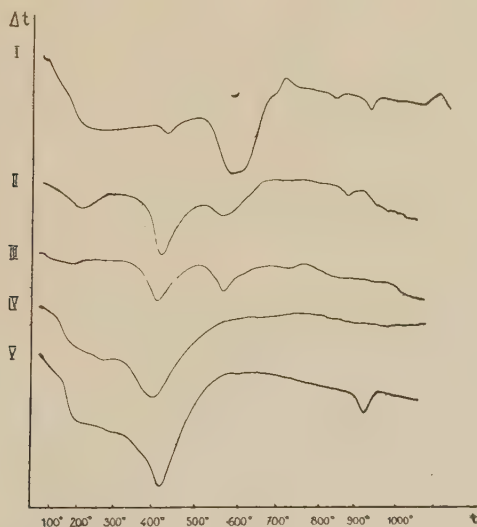


FIG. 1. — Minerais de Moulainé. I : couche verte ; II : couche noire ; III : couche grise, partie calcaire à grain fin ; IV : couche jaune ; V : couche rouge.

tôt calcaire, ce qui donne à cette fraction grossière deux aspects différents :

a) *partie à ciment chloriteux.* Les oolithes de couleur rougeâtre sont en stilpnosidérite. Leur noyau est soit en limonite soit en calcite associée au quartz ou à la chlorite.

La gangue a une structure assez curieuse. Les oolithes sont entourées d'un liseré composé de lamelles de chlorite alternant avec de fines aiguilles de calcite (Pl. III, fig. 1). Tous ces cristallites sont disposés perpendiculairement au pourtour des ovoïdes. Des plages compactes de chlorite ou de calcite occupent le reste des espaces interoolithiques.

b) *partie à ciment calcaire.* Les oolithes sont brun jaunâtre, le plus souvent de structure homogène ; leur nature minéralogique est difficile à préciser, il s'agit probablement d'un hydrate de fer. Elles ren-

ferment parfois un nucleus en limonite avec des bandes parallèles très fines d'hydrohématite.

Comme dans la partie chloriteuse, les fragments sont surtout formés par du quartz corrodé, entouré et recoupé par la calcite. Nous avons constaté que l'indice du carbonate est inférieur à celui du quartz ce qui exclut l'hypothèse de la sidérose. En lumière réfléchie, on reconnaît de la stilpnosidélite en voie d'évolution en limonite.

Le ciment est calcique, il s'y développe par endroits de la chlorite en plages assez larges dans lesquelles on remarque des cristaux à contours hexagonaux, isolés ou groupés en rosettes, d'un minéral transparent (Pl. II, fig. 1). Son indice de réfraction est supérieur à ceux de la chlorite. Entre nicols croisés, il polarise dans les tons gris blanc et apparaît dans certains cas divisé en six secteurs (Pl. II et fig. 2). Il est uniaxe négatif. L'ensemble de ces caractères rappelle les minéraux du groupe des phosphocarbonates et plus spécialement la francolite $(\text{CaF}^2)\text{Ca}^8(\text{PO}^4)^6\text{CaCO}^3 + \text{H}^2\text{O}^4$.

B. Roche à grains fins. — La roche à grains fins diffère très peu de la couche verte avec ses oolithes en limonite et son quartz détritique. La gangue est chloriteuse et calcaire, riche en élément argileux (Pl. III, fig. 2).

La courbe thermique met en évidence la limonite, la kaolinite et une petite quantité de chlorite, mais elle ne décèle pas le carbonate à cause de sa faible teneur (courbe III).

Couche jaune. — C'est dans cette couche que les minéraux opaques atteignent le plus grand développement.

Les oolithes en stilpnosidélite sont en partie transformées en limonite. Quelques-unes ont comme noyau un débris de quartz. Les fragments montrent une grande diversité. Les plus curieux, très complexes, sont des morceaux remaniés d'un minéral oolithique riche en constituants opaques. On trouve aussi de la limonite traversée par des bandes parallèles et étroites d'hydrohématite ainsi que les débris de quartz avec des inclusions liquides.

Une masse jaune cryptocristalline parsemée de paillettes de mica forme la gangue qui contient par endroits des agrégats de calcite. L'analyse thermique montre que le constituant le plus important de ce niveau est la limonite (courbe IV).

Couche rouge. — Dans cet horizon de composition minéralogique relativement simple, les seuls éléments autochtones sont des hydroxydes de fer et la calcite.

La gangue calcaire englobe des oolithes en stilpnosidélite avec un noyau de limonite. Quelques ovoïdes sont en hydroxyde de fer

1. A. LACROIX. Minéralogie de la France et des Colonies, t. III, p. 558.

opaque. Toutefois une partie importante du minéral est constituée par des fragments de quartz d'origine éruptive.

La courbe thermique comporte, outre l'inflexion de la stilpnosidérite, deux grands crochets dont l'un révèle une forte teneur en limonite, l'autre une quantité notable de calcite (Courbe V).

II. QUELQUES PRÉCISIONS AU SUJET DU CARBONATE.

Parmi les questions soulevées au cours de cette étude, il en est une d'un intérêt primordial : la détermination exacte de la nature du carbonate. Il n'est pas toujours possible de distinguer par leur caractères microscopiques la sidérose et la calcite. Dans certains cas cependant, où le carbonate englobe le quartz, nous avons pu constater que les indices de ce dernier étaient compris entre ceux du carbonate. Ceci exclut l'hypothèse de la sidérose. Pour les couches verte, jaune et rouge, nous n'avons pas pu observer en plaques minces le contact quartz-carbonate. Ainsi avons-nous comparé les indices du minéral à déterminer à celui du monobromobenzène dont $n = 1,56$. L'indice du liquide est toujours compris entre ceux du minéral. Par conséquent, dans tous les horizons nous avons affaire à la calcite à laquelle s'ajoute dans la couche noire la sidérose. Ces caractères suffiraient pour faire le diagnostic ; néanmoins pour plus de certitude, nous avons examiné le comportement des différents échantillons vis-à-vis de l'acide chlorhydrique froid. Tous font effervescence immédiatement. Le tableau ci-dessous résume les caractères qui ont permis de déterminer la calcite.

Couches	Indices n'_p quartz n'_g	n'_p 1,56 n'_g	Analyse thermique crochet de la calcite	Effervescence avec l'acide chlorhydrique à froid
Verte...		+	+	vive
Noire...	+		+	très vive
Grise...	+			vive
Jaune...				très faible
Rouge..		+	+	très vive

Dans la couche noire la sidérose a été mise en évidence par la mesure des indices de réfraction du carbonate qui sont parfois supérieurs à celui de l'iode de méthylène dont $n = 1,74$.

III. RÉPARTITION DU PHOSPHORE.

Dans la description de la couche grise, nous avons signalé un minéral phosphaté : la francolite. La forte teneur en phosphore

5,35 % de P_2O_5 , mise en évidence par l'analyse chimique ne peut pas être due à ce minéral, peu répandu dans le minéral.

Une attaque par le réactif molybdique provoque avec les échantillons de tous les horizons la précipitation du phosphomolybdate d'ammoniaque de couleur jaune citron caractéristique.

Nous avons attaqué, sous le microscope, la poudre et des plaques minces des différents minerais. La réaction se produit immédiatement avec la gangue calcaire facilement attaquable, elle est plus lente avec les oolithes.

Pour déterminer la répartition du phosphore, nous avons isolé les oolithes d'un échantillon de la couche rouge, où la séparation est relativement facile. Un fragment de 35 gr a été pulvérisé et attaqué à froid par l'acide acétique dilué qui dissout la calcite et laisse intact les phosphocarbonates. Le résidu pèse 28 gr. On peut donc calculer que la prise d'essai contenait environ 16 gr de calcite. Dans l'insoluble, nous avons séparé le quartz à l'aide de l'iodure de méthylène de densité 3,28 et recueilli une portion lourde de 10 gr. On a vérifié à l'aide du microscope qu'elle ne contient que des oolithes et des fragments de limonite. Le dosage du phosphore donne les résultats suivants : dans la partie lourde : 1,33 % de P_2O_5 et 0,87 % dans le minéral tel quel. Voici comment se répartit le phosphore dans les différentes fractions :

Fractions	Poids en gr.	P_2O_5 en gr.
Minéral.	35	0,29
Oolithes.	10	0,13
Gangue.	16	0,16
Quartz.	9	néant

Par conséquent, la gangue renferme une quantité de phosphore sensiblement égale à celle des oolithes.

CONCLUSIONS.

Dans l'ensemble, la composition des minerais du bassin lorrain est assez monotone. Néanmoins, il est utile d'étudier de près tous ces gisements car chacun d'eux peut contribuer à la solution des nombreux problèmes que posent les minerais de fer oolithiques.

Ainsi, à Moulaine, nous avons déterminé la francolite, minéral qui n'avait pas encore été signalé dans ces formations. Par ailleurs, il faut insister sur l'abondance, dans ce gisement, de la kaolinite qui donne à certains horizons un faciès tout à fait caractéristique.

L'élément détritique le plus important et le plus constant

dans tous les niveaux est le quartz. Il est accompagné par le mica, le feldspath et le zircon, provenant probablement de la décomposition de roches acides.

On peut supposer que le minéral s'est déposé dans un milieu carbonaté riche en silice et en alumine. Le feldspath, dont il ne subsiste que quelques résidus, en se décomposant, a favorisé la formation de la kaolinite.

Les minéraux opaques sont peu développés, la presque totalité du fer est concentrée dans les oolithes sous la forme d'un gel.

Les éléments du minéral ont subi des modifications depuis leur dépôt dans le bassin d'accumulation. C'est ainsi que l'on observe la transformation partielle de la stilpnosidélite en limonite puis en hydrohématite et la corrosion des fragments de quartz par le ciment calcaire.

EXPLICATION DES PLANCHES II ET III

PLANCHE II.

Couche grise.

FIG. 1. — *Lumière naturelle transmise.* — Grossissement 220. Cristaux hexagonaux de francolite dans chlorite.

FIG. 2. — *Lumière transmise — Nicols croisés.* — Grossissement 220. Cristaux de francolite montrant la division en secteurs triangulaires, caractéristiques du minéral.

PLANCHE III.

FIG. 1. — *Couche grise, partie chloriteuse,* lumière naturelle transmise, grossissement 220. — Oolithe en stilpnosidélite entourée d'une couronne de chlorite et de calcite.

FIG. 2. — *Couche grise, roche à grains fins,* lumière transmise nicols croisés, grossissement 90. — Oolithe en stilpnosidélite dans ciment argileux et micacé.

FIG. 3. — *Couche verte,* lumière transmise, nicols croisés, grossissement 90. — En haut, fragment osseux en phosphocarbonate de calcium à structure fibreuse. Débris de quartz clastique dans le ciment.

LA GENÈSE ET L'ÉVOLUTION DES GISEMENTS DE NICKEL DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE

PAR **E. de Chételat** ¹.

PLANCHES IV A IX.

INTRODUCTION

Le but principal de ce mémoire est de donner une vue d'ensemble de l'état de nos connaissances sur la genèse des gisements de nickel de Nouvelle-Calédonie. Ce travail est basé sur des observations faites sur le terrain entre septembre 1939 et juin 1940 et de janvier à novembre 1941, au cours de missions effectuées à la demande de la Société « Le Nickel ».

L'étude pétrographique des échantillons de roches et minerais a été abordée à la fin de 1940 au laboratoire du Professeur L. C. Graton à l'Université de Harvard (U. S. A.). Elle a été interrompue par suite de mon rappel en Nouvelle-Calédonie.

Je regrette de n'avoir pas eu l'occasion d'avancer davantage les recherches pétrographiques au laboratoire, mais cette lacune est heureusement et largement comblée par un travail de M. A. Lacroix, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, sur les péridotites et les serpentines de Nouvelle-Calédonie (1943).

Pour que cette étude géologique soit complète, il manque encore des recherches physico-chimiques sur les eaux d'infiltration qui pourraient donner, peut-être, la solution au problème, non résolu, que pose la genèse des produits d'altération de ces roches, ou « weathering » des auteurs anglo-américains.

L'intérêt des problèmes à résoudre est à la fois économique et scientifique. L'importance, la localisation des concentrations exploitables de nickel de Nouvelle-Calédonie, donnent des exemples pour ainsi dire exceptionnels dans ce genre de minéralisation.

Enfin je voudrais, dans ce qui va suivre, décrire, avec le peu de données que nous possédons, le « mécanisme » de la genèse

¹. Note présentée par M. Jacques BOURCART à la séance du 3 mars 1947.

5 février 1948.

Bull. Soc. Géol. Fr. (5), XVII. — 7 A

des concentrations exploitables de nickel et les différentes phases de leur évolution, c'est-à-dire la concentration, la dégradation et la destruction de ces gisements.

Je me suis efforcé d'être clair ; mais le souci de la précision et la complexité des phénomènes m'a parfois conduit à employer un langage ingrat et fastidieux pour lequel je demande aux lecteurs d'être indulgents.

Définition d'un gisement de nickel de Nouvelle-Calédonie. — L'étude de la documentation sur la pratique de la prospection et l'exploitation des mines de nickel en Nouvelle-Calédonie depuis leur découverte en 1863, ainsi que des observations faites sur le terrain, permettent de préciser, sans doute possible, le mode de gisement des concentrations naturelles de ce métal.

Ces gisements peuvent être définis comme étant le résultat d'une concentration naturelle, près de la surface, de silicates hydratés de magnésie et de nickel produite par l'altération superficielle de la péridotite. Dans cette roche, le nickel se trouve en petite quantité à l'état de constituant magmatique.

Quand ces concentrations naturelles donnent un minerai marchand en quantités suffisantes (avec triage préalable ou non), elles constituent alors les exploitations de nickel de la Nouvelle-Calédonie.

La teneur « exploitable » en nickel varie avec l'évolution du marché mondial et les progrès de la technique. Aujourd'hui, cette teneur, dont la tendance générale est de s'abaisser, est d'environ 3,25 %.

Condition de genèse. — L'origine complexe de ces gisements nous permet de distinguer deux séries principales de conditions, l'une indépendante de la surface topographique et tenant à la nature de la roche (péridotite), à son état d'hydratation (degré de serpentinisation) et à sa minéralisation initiale en nickel, l'autre série, intimement liée à cette surface topographique. Ces conditions régissent un processus d'altération superficielle des péridotites qui prend, en Nouvelle-Calédonie, un caractère spécial, mais qui, avec quelques réserves, peut se rattacher au phénomène déjà connu de l'altération des roches sous un climat tropical, c'est-à-dire *l'altération latéritique* ou *latéritisation*.

Cette altération est indispensable et obligatoire pour la genèse des concentrations nickelifères, mais il peut y avoir latéritisation des péridotites sans concentration exploitable de ce métal.

Pour avoir un enrichissement exploitable de nickel, aux condi-

tions régissant la latéritisation, il faut des « conditions complémentaires de milieu ».

Ces dernières conditions sont les plus mal connues et malheureusement les plus importantes dans les problèmes qui nous intéressent. Cela tient à la prépondérance bien marquée des phénomènes géochimiques, c'est-à-dire du résultat d'actions chimiques naturelles dans des conditions de temps et de milieu très spéciales, dont il n'est pas facile, sinon impossible, de se rendre compte et de reproduire expérimentalement. Dans beaucoup de cas, nous devons, à l'heure actuelle, nous en tenir à de simples hypothèses.

Ce travail est divisé en trois parties : dans la première nous parlerons surtout des péridotites et des serpentines, c'est-à-dire des conditions de genèse indépendantes de la surface actuelle ; dans la deuxième, de l'altération superficielle de la péridotite et des concentrations exploitables de nickel s'y rattachant ; dans la troisième, seront passées brièvement en revue les causes de la dégradation et de la destruction des gisements nickelifères.

CONDITIONS DE GENÈSE INDÉPENDANTES DE LA SURFACE TOPOGRAPHIQUE

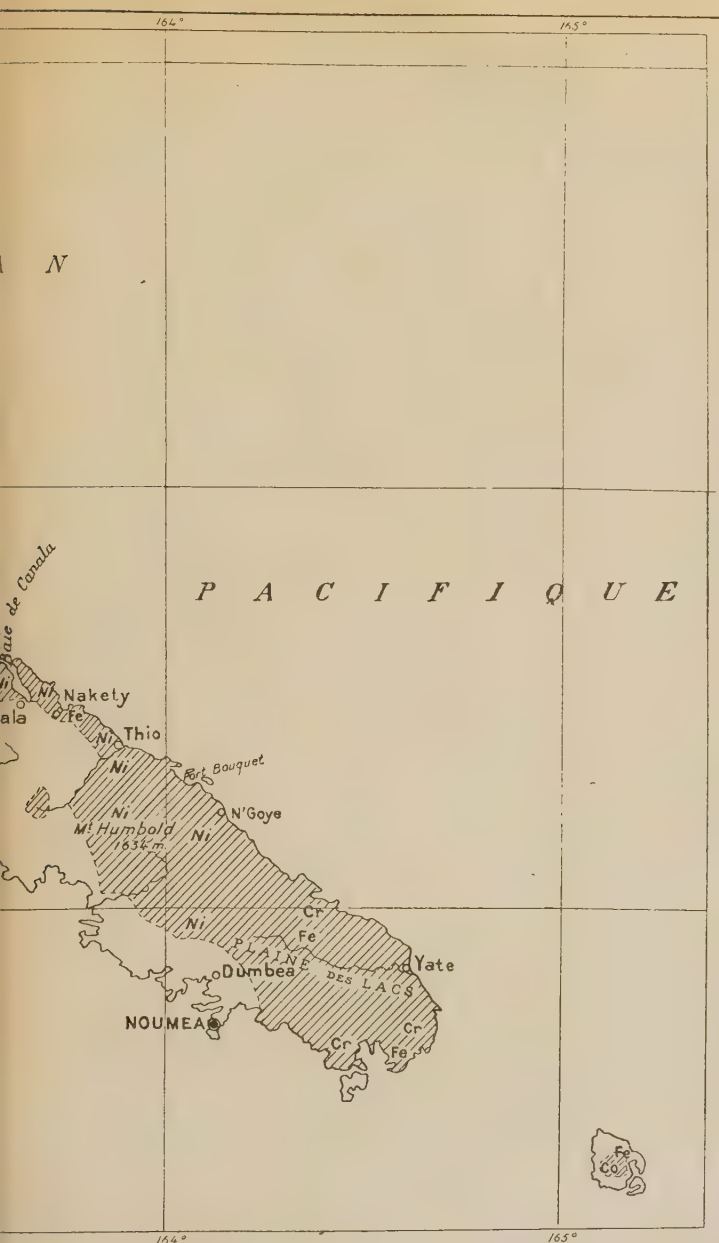
1. LA PÉRIDOTITE, ROCHE MÈRE DES GISEMENTS DE NICKEL.

Depuis la découverte en 1863 par J. Garnier de gisements de nickel en Nouvelle-Calédonie, on s'est vite rendu compte que ces gisements étaient en relation étroite avec une roche verte basique, magnésienne, constituant des massifs importants, caractérisée par une couverture de produits ferrugineux d'altération et par des associations botaniques spéciales.

Les gisements de cobalt, de chrome et de fer, sont également intimement associés à cette roche et, en dehors de ces massifs, il n'a pas été encore signalé de gisements de quelque importance de ces métaux.

Les surfaces présentant ces caractéristiques sont appelées « terrains miniers », appellation de caractère local, mais bien justifiée par l'importance des gisements métalliques rattachés à ces roches vertes magnésiennes et leurs produits d'altération. (fig. 1).

En Nouvelle-Calédonie, on désigne les roches des « terrains miniers » par l'appellation de « Serpentines », terme qu'il nous



semble bon d'éviter dans un sens général, car dans la nomenclature des roches généralement admise, on entend par serpentine, une roche de métamorphisme ou d'altération, composée principalement de silicates hydratés de magnésie. Cette roche est largement répandue en Nouvelle-Calédonie et constitue certaines parties des massifs de roches vertes. Elle correspond aux « terrains magnésiens » ou « magnésie » des mineurs calédoniens, terrains souvent très pauvres en concentrations nickelifères de surface.

La roche mère de ces concentrations nickelifères et de la serpentine est, par contre, une roche composée en bonne partie par des silicates de magnésie et de fer anhydres et par une proportion variable, souvent petite, de silicates hydratés.

Cette roche mère est une péridotite plus ou moins serpentinisée. Plus loin nous parlerons du phénomène de la serpentinitisation pouvant affecter cette roche.

a) *Propriétés physiques et chimiques de la péridotite.* — Cette roche, quand elle est saine ¹, a le plus souvent une couleur gris vert ou gris bleuâtre plus ou moins foncée. Elle est holocristalline et de texture grenue. Elle est relativement lourde avec un poids spécifique moyen de 3,0. C'est une roche dure, tenace et imperméable quand elle n'est pas altérée superficiellement.

La péridotite est une roche essentiellement basique, composée uniquement de minéraux ferro-magnésiens sans feldspaths, ni feldspathoïdes, ni micas.

Elle est caractérisée par sa faible teneur relative en silice (environ 40 %) et sa grande richesse en magnésie. C'est une roche subsiliceuse, ferro-magnésienne ; le fer se trouvant principalement à l'état ferreux. Elle est également caractérisée par une grande pauvreté en alumine, en chaux et en alcalis.

b) *Minéraux des péridotites.* — Le minéral fondamental de la péridotite est l'*olivine*, appelée également péridot ou crysolite. Sa formule est $2(\text{Mg. Fe})^2, \text{SiO}_3$, la magnésie dominant nettement le fer. Ce minéral, de couleur verte, se présente à l'œil nu en grains craquelés, sans forme cristalline, ni clivage net.

L'*olivine* est très souvent accompagnée par un métasilicate ferro-magnésien (MgO, SiO_3) : l'*énstatite*, pyroxène orthorhombique plus riche en silice que l'*olivine*. La proportion en fer est variable, mais faible. Si la teneur en fer est supérieure à 5 %, ce minéral passe insensiblement à la bronzite. L'*énstatite* se dis-

1. Par roche saine, nous entendons une roche qui n'a pas été affectée par l'altération superficielle. Elle peut être altérée par la serpentinitisation en profondeur.

tingue nettement, même à l'œil nu, de l'olivine et des autres minéraux d'altération, par des formes cristallines et des clivages nets. Ses cristaux se détachent dans la masse d'olivine et on le reconnaît dans les produits de la serpentinisation.

La *chromite*, ou fer chromé, FeCr^2O_4 , est un minéral associé à la péridotite; elle est facilement reconnaissable par son poids spécifique élevé, sa couleur, son éclat métallique et ses sections de cristaux souvent triangulaires et carrées, caractéristiques des minéraux du groupe des spinelles. Les cristaux de chromite sont généralement éparpillés, dans la masse de la péridotite. S'ils sont groupés en amas sous une forme granulaire, on peut avoir alors de la chromite exploitable dans la masse de la péridotite (« chrome piqué » des mineurs néo-calédoniens).

L'olivine, l'enstatite et la chromite constituent les minéraux originaux anhydres qui se sont formés au moment de la mise en place de la péridotite. Comme nous le verrons plus loin, l'olivine a été, le plus souvent, partiellement hydratée et transformée en antigorite. L'enstatite semble mieux résister à l'hydratation. La chromite est un des minéraux les plus stables que l'on connaisse : elle n'est pratiquement pas affectée dans sa composition chimique ni par la serpentinisation, ni par l'altération latéritique.

On trouve assez souvent du *quartz* associé à la péridotite. Ce quartz n'est jamais un minéral primaire de cette roche, du fait que le magma péridotique au moment de la cristallisation des autres minéraux constitutifs, était trop pauvre en silice pour pouvoir donner du quartz libre. Le quartz que l'on rencontre dans cette roche s'est toujours formé après la mise en place de la péridotite. Il est, soit filonien, soit un produit de la serpentinisation, soit un produit résiduel

c) *Principaux types de péridotites*. — On connaît plusieurs types de roches pouvant se rattacher à la famille de la péridotite. Les variétés dépendent surtout de l'association de différents minéraux.

Il est inutile, au moins pour le moment, d'employer d'autre dénomination que celle, générale, de péridotite. Voici cependant deux principaux types de cette roche que l'on rencontre fréquemment en Nouvelle-Calédonie (associés avec les concentrations nickelifères).

a) *Dunite*, roche composée presque uniquement d'olivine et de chromite.

b) *Saxonite* ou *harzburgite*, association en proportions variables d'olivine et d'enstatite.

D'après A. Lacroix (1942), la composition chimique de ces roches est la suivante¹ :

	<i>Dunite</i>	<i>Harzburgite</i>
SiO ²	39,98	53,62
Al ² O ²	—	2,07
Fe ² O ³	0,76	0,33
FeO	5,89	7,42
MnO	0,08	0,11
MgO	49,93	33,37
CaO	0,24	2,14
Na ² O	—	—
K ² O	—	—
TiO ²	0,08	0,18
P ² O ⁵	—	—
NiO	0,43	0,03
Cr ² O ³	2,30	0,89
H ² O ⁺	0,65	0,24
H ² O ⁻	0,16	0,12
	100,50	100,22
Or	—	—
Ab	—	—
An	—	5,56
Ca SiO ³	0,46	—
Mg SiO ³	0,80	2,90
Fe SiO ³	—	67,69
Mg ² SiO ⁴	86,80	9,64
Fe ² SiO ⁴	6,94	11,06
Magn.	1,16	1,63
Ilm.	0,15	0,46
Chromite	3,36	1,34
An %	—	100
Σb	99,7	94,3

d) *Age et mise en place des péridotites.* — Ces roches, les plus importantes de Nouvelle-Calédonie, soit par leur étendue, soit par leur intérêt économique, sont les plus jeunes parmi les roches les plus répandues.

Piroutet, dans la thèse sur la stratigraphie de cette colonie, a montré que les péridotites, appelées par lui serpentines, sont intrusives dans les formations nummulitiques de Nouméa. Nous savons donc que les péridotites se sont mises en place au Tertiaire, à une époque post-nummulitique.

La mise en place et le refroidissement du magma péridotique a dû se faire à une certaine profondeur de la surface primitive,

1. Les traces de nickel sont facilement reconnaissables grâce à la diméthylglyoxine. Les traces bien plus faibles de cobalt n'ont pas été dosées.

à l'abri des conditions atmosphériques. La nature grenue holocristalline de cette roche est incompatible avec un refroidissement brusque en surface comme dans les roches d'épanchement.

Nous n'avons pas remarqué de manifestation volcanique de surface en relation avec les péridotites et les gisements de nickel. Si des appareils volcaniques existaient, ils ont dû, avec leurs produits d'épanchement, être enlevés par l'érosion depuis longtemps.

Nous supposons que la péridotite s'est mise en place en venant de la profondeur et en traversant les terrains sédimentaires. Elle s'est introduite en formant des cheminées, dont nous avons des exemples typiques dans le N de la colonie, et en formant également des laccolithes, grosses masses rocheuses qui se sont logées dans les couches des terrains sédimentaires en les soulevant. Une fois le tout démantelé par érosion, il en est résulté des massifs montagneux de péridotite plus ou moins serpentinisée, pouvant être bordés par des lambeaux de terrains sédimentaires plus anciens (Trias, Crétacé et Nummulitique).

II. MINÉRALISATION INITIALE EN NICKEL DES PÉRIDOTITES.

Le nickel est un métal qui est presque toujours associé avec des roches très basiques, magnésiennes, comme la péridotite. On le trouve également dans des météorites à l'état natif associé au fer.

Les péridotites de Nouvelle-Calédonie et les serpentines qui en dérivent, donnent toujours à l'analyse une quantité petite, mais appréciable en nickel, accompagné par un peu de cobalt.

A. Rapadzi ¹ a montré que la teneur en nickel et cobalt des roches prélevées à l'état frais, semble être à peu près constante et comprise généralement entre 0,20 et 0,25 %. Les teneurs extrêmes d'après le tableau donné en annexe, varient entre 0,046 à 0,854 %. Nous appellerons cette teneur en Ni d'environ 0,25 % « teneur initiale de la péridotite ». Elle est complètement indépendante des conditions topographiques et de la profondeur. Il ne semble pas y avoir de relations entre cette teneur et l'éloignement ou le voisinage de concentrations exploitables.

Cependant elle est l'unique source possible de nickel que l'on connaisse et c'est, en partant de cette teneur initiale, par un processus naturel d'enrichissement près de la surface, qu'il a pu se former des concentrations exploitables de ce métal.

1. Rapport inédit (1937).
5 février 1948.

C'est seulement par l'analyse chimique que le nickel peut être décelé dans la roche-mère ; il échappe jusqu'à présent à tout examen microscopique et autres méthodes d'investigation.

Ce métal doit se trouver probablement à l'état diffus dans l'ensemble de la masse péridotique, mais nous ne savons pas encore sous quelle forme.

Il serait assez logique de l'envisager sous forme de sulfure ou d'arséniure, combinaisons les plus usuelles de minerais de nickel non oxydés, mais jusqu'à présent le soufre et l'arsenic n'ont jamais été décelés dans les analyses des péridotites de Nouvelle-Calédonie, sauf peut-être près de Bourail où Glasser signale quelques mouches de sulfure de nickel associés à la pyrite.

Dans la description qui sera faite plus loin des minerais silicatés de nickel de surface, nous verrons que ce métal et la magnésie ont de grandes affinités et qu'ils peuvent se remplacer en toutes proportions (au moins apparemment) : nickel et magnésie ayant sensiblement les mêmes dimensions atomiques et la même valence.

On pourrait envisager les mêmes propriétés pour les silicates de magnésie et de fer anhydres des péridotites saines de profondeur. Le nickel contenu en petites quantités à l'état diffus, au moment du refroidissement du magma péridotite, n'ayant pu se combiner et se concentrer avec le soufre et l'arsenic, ces deux éléments faisant vraisemblablement défaut, a pu remplacer la magnésie et le fer dans les silicates. On pourrait ainsi envisager de l'olivine et de l'enstatite légèrement nickelifères.

III. SERPENTINISATION DES PÉRIDOTITES. — LES SERPENTINES.

Parmi les roches cristallines, la péridotite est celle qui s'altère le plus facilement, soit sous l'influence des agents atmosphériques, soit en profondeur par des actions hydrothermales et de métamorphisme. L'olivine est un minéral très susceptible au changement de milieu.

L'altération de la péridotite, en Nouvelle-Calédonie peut se ramener à deux processus, du reste assez mal connus dans leurs détails, qui donnent des résultats différents et souvent opposés.

Ces deux processus sont : 1) La *serpentinisation* de la péridotite, mode d'altération qui peut se présenter en profondeur et près de la surface, mais plus ou moins à l'abri de l'air. 2) La *latéritisation* de cette roche, mode d'altération liée à de strictes conditions topographiques et à d'autres conditions (voir tableau I).

Nous entendons par « serpentinisation » d'une roche, les phénomènes d'hydratation des silicates de magnésie anhydres contenus dans cette roche.

La serpentine est une roche formée essentiellement de silicates de magnésie hydratés avec une proportion variable de fer qui reste surtout à l'état ferreux (hydratation sans oxydation).

Les péridotites sont spécialement sujettes à ce genre d'altération et des massifs importants de serpentine doivent leur origine à la péridotite. D'autres roches, riches en silicates de magnésie, peuvent être également serpentinisées (diorites, gabbros, ortho-amphibolites, norites, etc...).

En résumé, toute roche contenant des silicates riches en magnésie comme l'olivine, certaines pyroxènes, amphiboles, etc..., peut être altérée par la serpentinisation et donner une serpentine.

Pour ne pas prêter à confusion, l'appellation serpentine sera réservée, dans le présent travail, à une roche d'altération et non pas à une espèce minérale (certains auteurs emploient ce terme à la fois pour désigner une roche et certains silicates de magnésie hydratés).

La serpentinisation de la péridotite de Nouvelle-Calédonie, peut affecter cette roche d'une manière incomplète et variable. On peut avoir ainsi des péridotites plus ou moins serpentinisées et on peut adopter le terme de « degré de serpentinisation » pour indiquer dans quelles proportions les silicates ferro-magnésiens sont hydratés ou non. Par des analyses chimiques et par des observations microscopiques, ce degré pourrait être facilement établi.

a) *Minéraux de la serpentine.* — Plusieurs noms ont été donnés aux silicates de magnésie hydratés provenant de l'altération des silicates magnésiens tels que l'olivine et les pyroxènes. Ces produits d'hydratation sont formés, le plus souvent, d'agrégats cristallins, extrêmement fins, présentant plusieurs variétés apparentes de texture et de faciès, dues à la disposition différente des fibres et agrégats. L'examen microscopique s'est montré jusqu'à présent insuffisant pour déterminer ces produits d'une manière définitive. Il est impossible, dans la préparation de lames minces pour le microscope polarisant, d'obtenir des fibres séparées et de pouvoir ainsi déterminer avec précision leurs caractères optiques.

Ces silicates ont tous la même composition chimique ; mais leur texture, leur aspect et leur couleur sont différents. Ils répondent à la formule $H^4Mg^3Si^2O^9$, qui est celle de l'antigorite magnésienne.

Simone Caillère ¹, dans sa thèse sur les minéraux de la serpentine, a étudié ces minéraux en utilisant les méthodes d'investigation les plus récentes, telles que l'analyse thermique différentielle et les rayons X ; elle a montré que ces silicates d'altération peuvent se ramener à un seul type minéralogique, c'est-à-dire à l'*antigorite*, avec des textures et faciès différents, la magnésie pouvant être remplacée par du nickel et donner ainsi les antigorites nickelifères constituant les minerais de nickel dont nous reparlerons plus loin.

Cet auteur a proposé de classer ces minéraux en antigorites α et antigorites β suivant qu'ils présentent ou non un phénomène exothermique à 750°, une fois soumis à l'analyse thermique différentielle. En se basant sur des échantillons provenant de Thio, le même auteur pense que les antigorites α sont d'origine superficielle et ainsi il nous laisse la possibilité d'entrevoir une serpentinitisation de surface et une serpentinitisation de profondeur.

En négligeant les nombreux noms donnés aux variétés d'antigorites magnésiennes, nous retiendrons ce terme pour les variétés communes d'apparence schisteuse et lustrée et pour les vermiculures de la péridotite. Les variétés asbestiformes seront appelées couramment *asbeste* ou *chrysotile*. Cette dernière variété comprend la plupart des antigorites β qui, en Nouvelle-Calédonie, semblent bien s'être formées en profondeur.

Comme autres minéraux qui peuvent se trouver en relation avec des serpentines, on peut citer le talc ($\text{H}^2\text{Mg}^3\text{Si}^4\text{O}^{12}$) minéral formé surtout par métamorphisme régional et résistant extrêmement bien à une altération superficielle postérieure. Le quartz, la sépiolite, la calcite, la brucite (hydrate de magnésie), sont des minéraux qui peuvent se trouver associés aux minéraux de la serpentine proprement dite.

b) *Caractéristiques de la serpentine*. — Cette roche d'altération, formée surtout par des silicates hydratés de magnésie, se distingue facilement de sa roche mère, la péridotite, par son aspect lustré, laminé, schisteux suivant des plans ondulés. Ces caractéristiques, avec souvent des filonnets de quartz et d'asbeste, justifient le nom de serpentine, de « serpent », qui a été donné à cette roche depuis l'antiquité.

Sa couleur varie depuis le gris perle jusqu'au brun noir, en passant par les gris vert avec un éclat vitreux ou soyeux. Parfois la couleur et le délit de cette roche la font ressembler à l'anthracite. Souvent cette roche contient des noyaux amygdaloïdes, de péridotite non

1. S. CAILLÈRE. Contribution à l'étude des minéraux des serpentines. Thèse, Paris, Bull. Soc. fr. Minér., Paris, 1936, t. 59, p. 269.

« digérée » entourés par les produits lustrés serpentineux (fig. 2.)

L'antigorite donne surtout des masses lamellaires ou compactes : par contre l'asbeste remplit des fentes en formant des filonnets ou des « miroirs » dont les fibres sont perpendiculaires aux épontes, soit dans la serpentine franche, soit dans les péridotites plus ou moins serpentinisées.

Si une serpentine, formée en profondeur, est amenée par l'érosion dans la zone d'oxydation de surface, à conditions égales, elle résistera



FIG. 2. — Type de serpentine à amygdales de péridotite non digérées.

Des noyaux de péridotite saine, partiellement serpentinisée (veinules d'antigorite), dans une masse d'antigorite schisteuse.

beaucoup mieux à cette altération que sa roche-mère, la péridotite. Parmi les produits de la serpentinisation, l'asbeste est un des derniers à être détruit par l'altération superficielle.

Dans le cas de la péridotite, les produits résiduels de cette altération superficielle seront surtout des hydrates de fer (latérites). Pour les vraies serpentines, ce seront principalement les « terres magnésiennes » des mineurs néo-calédoniens, mélange de sépiolite, asbeste, argile, quartz, etc..., le tout plus ou moins plastique.

Souvent dans ces produits plastiques de l'altération superficielle — du reste très mal connus au point de vue minéralogique — on remarque une grande variété de teintes. Ils ressemblent à des argiles bariolées, avec toutes les gammes de couleurs depuis le blanc jusqu'au brun, en passant par le vert et le jaune. Cela provient de la teneur en

fer; ce dernier métal pouvant se présenter soit à l'état ferreux (vert) soit à l'état ferrique (jaune et rouge).

Dans le cas des péridotites partiellement serpentinisées, tout mélange de produits latéritiques et de « terres magnésiennes » est possible.

Nous supposons qu'une des caractéristiques de la serpentinitisation est un gain en volume par hydratation sans perte importante des éléments d'origine constituant la péridotite.

Le résultat de cette hydratation est de faire « gonfler » la serpentine en produisant des effets dynamiques qui peuvent se traduire

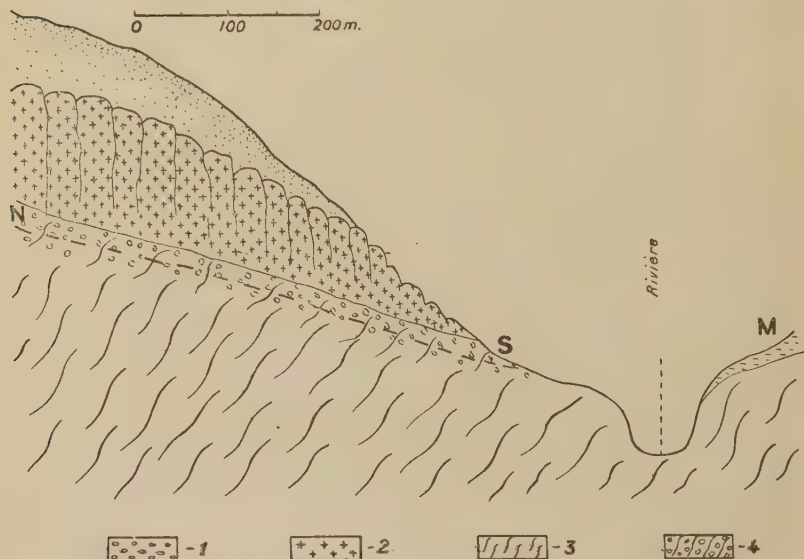


Fig. 3. — Coupe montrant l'imperméabilité de la serpentine (ex. pris dans la vallée de Toumourou « Centre de Тито »).

- 1 : Latérite avec concentrations de nickel; 2 : Péridotite fissurée; 3 : Serpentine (« Terrain magnésien »); 4 : Zone de passage de la péridotite à la serpentine (noyaux de péridotite dans la serpentine); M : « Terres magnésiennes » provenant de la désagrégation de la serpentine sans concentrations exploitables de nickel; N : Niveau hydrostatique supposé; S : Ligne de sources au contact péridotite-serpentine.

localement par des broyages, des laminages et des zones pseudo-filoniennes qu'on remarque presque toujours dans ces roches d'altération et dans les péridotites voisines.

Ce « gonflage » nous explique l'effet d'actions mécaniques localisées qui n'ont pas de direction constante. Ces actions, très limitées, ne dépassent pas souvent le cadre d'un chantier d'exploitation.

Une autre caractéristique des vraies serpentines, c'est leur imper-

méabilité qui persiste en surface même dans les produits plastiques « magnésiens » d'altération superficielle et de désagrégation. Par ces caractéristiques physiques, les serpentines se rapprochent des terrains argileux.

Dans les régions serpentineuses de quelque importance, cette imperméabilité se manifeste par un relief plus raviné par l'érosion dans les zones de péridotes qui ont une couverture latéritique poreuse.

Cette imperméabilité est due au gonflage qui « serre » les fissures de la serpentine et donc à l'absence de porosité, d'où plus grande résistance de cette roche à la latéritisation. Dans les péridotites, au contraire, les eaux d'infiltration pénètrent librement par les diaclases et les fissures à une profondeur relativement considérable. Elles attaquent cette roche en donnant des produits d'altération poreux perméables (perméabilité acquise de la péridotite altérée en surface).

On observe fréquemment qu'au contact de grandes zones de serpentine de profondeur et de péridotite, il existe une ligne de sources et de suintements. Nous l'avons remarqué dans les vallées de la Toumourou, de la Dothio et aussi près du village de Solférino (Centre Thio). En effet, les eaux peuvent circuler librement dans la péridotite fissurée, mais quand elles rencontrent le plan ou la zone limitant la serpentine imperméable, elles suivent cette zone jusqu'à leur sortie en donnant naissance à des sources ou à des suintements temporaires (fig. 3).

c) *Influence de la serpentinitisation sur les gisements de nickel.* — Elle nous paraît indéniable et a, généralement, un effet négatif en elle-même sur la concentration du nickel.

Un faible degré de serpentinitisation ne paraît pas pouvoir affecter cette concentration. Par contre, un très fort degré de serpentinitisation ou une serpentinitisation complète rend la roche imperméable et empêche une circulation périodique des eaux près de la surface, indispensable à la formation des concentrations exploitables de nickel. A ceci il faut ajouter une plus grande résistance à la latéritisation des silicates de magnésie hydratés — ce qui rend plus difficile la pénétration de ce mode d'altération suivant les joints de la roche.

Ce que nous venons de dire nous semble bien expliquer la pauvreté et la stérilité de concentrations exploitables de nickel dans les zones à serpentines.

Théoriquement, la teneur initiale en nickel (sans tenir compte de l'appauvrissement par hydratation), devrait être la même pour une masse de péridotite et pour la même masse transformée en serpentine.

Cependant il y a des cas où une serpentinitisation plus ou moins totale peut favoriser indirectement la formation de concentrations

TABLEAU I

DIFFÉRENTS MODES D'ALTÉRATION DE LA PÉRIDOTITE,
ROCHE-MÈRE DES CONCENTRATIONS EXPLOITABLES
DE NICKEL EN NOUVELLE CALÉDONIE

DIFFÉRENCES PRINCIPALES ENTRE LA SERPENTINISATION ET LA LATÉRISATION.

Altération serpentineuse.

- A. — Hydratation sans oxydation des minéraux ferro-magnésiens.
- B. — Le fer (du moins en partie) reste combiné à l'état ferreux.
- C. — Il n'y a pas d'élimination importante d'éléments constitutifs de la roche dans la serpentinisation en profondeur.
- D. — Pas de pertes en volume, peut au contraire augmenter de volume par hydratation.
- E. — Imperméabilité des produits d'altération qui résistent bien à la latérisation une fois exposés à la zone d'attaque superficielle.
- F. — Origines différentes. Par autométamorphisme, par métamorphisme régional et hydrothermal, imprégnation permanente par des eaux de surface à l'abri de l'air.
- G. — Conditions topographiques. Peut se former indépendamment de la surface topographique.
- H. — Conditions climatiques : semble se former sous tous les climats.
- I. — Effets dynamiques : par augmentation en volume de la péridotite due à l'hydratation, actions localisées de broyage et laminage (« gonflage » de la serpentine).

Altération latéritique.

- A. — Hydratation et oxydation.
- B. — Le fer est libéré sous forme d'hydrate ferrique.
- C. — Élimination plus ou moins complète de SiO_2 , MgO , — Résidu insoluble de surface : Fe, Cr, Co et Mn (Latérites). Les concentrations exploitables de silicates de nickel et de magnésie sont un produit intermédiaire dans ce processus d'altération.
- D. — Perte en volume et en poids par départ de certains éléments (Péridotite poreuse altérée).
- E. — Perméabilité des produits d'altération (perméabilité acquise de la péridotite altérée et de la latérite).
- F. — Altération uniquement superficielle.
- G. — Conditions de genèse toujours liées à la surface topographique.
- H. — Conditions climatiques : se forme surtout dans les climats tropicaux aux saisons sèches et humides bien marquées.
- I. — Effets dynamiques ; tassements, éboulements et glissements dus à la perte en volume des blocs de péridotite et à la plasticité de la latérite inférieure.

Altération serpentiniteuse.

- J. — Produits finaux d'altération et de désagrégation de la serpentine en surface. « Terres magnésiennes » : mélange plus ou moins plastique, bariolé d'asbeste, sépiolite, talc, argile et quartz.
- K. — Participation à la genèse des concentrations exploitables de nickel. En elle-même nulle, l'imperméabilité de la serpentine empêchant la circulation souterraine des eaux, circulation indispensable à la formation de concentrations exploitables de nickel. Dans certains cas, une zone de serpentine imperméable peut favoriser une concentration de nickel en « arrêtant » les « solutions » de ce métal venant du haut à travers les péridotites altérées.

Altération latéritique.

- J. — Produits finaux d'altération. Oxyde de fer plus ou moins hydraté avec concentrations de cobalt et de manganèse.
- K. — L'altération latéritique est indispensable à la formation de concentrations exploitables de nickel en Nouvelle-Calédonie, mais pas toujours suffisante.

de nickel. On peut supposer que la migration (page 139, du nickel en « solution » du haut vers le bas, dans la péridotite altérée poreuse puisse être arrêtée par une zone de serpentine imperméable formant écran. Ce métal devra alors séjourner dans cette zone de contact et éventuellement se déposer en formant des concentrations souvent riches. Le nickel peut imprégner de faibles épaisseurs de serpentine près de la zone de contact, mais à « l'avancement » des chantiers dans cette roche, il passe brusquement à des « magnésies » stériles. Exemples observés à la Mine « Aphrodite » à la Ouenghi, « Arbre vert » à Bourail, « Mêlée » à Poro, « Bosphore 2 » à N'goye, etc...

Les gisements de nickel, dans ce cas, se caractérisent généralement par une faible puissance. (Exemples : certains niveaux de la Mine « Jeanne-Marie » centre de Thio, Mine « Bosphore 2 » à N'goye, etc...)

d *Différents types de serpentinitisation — leur origine.* — L'origine de ce mode d'altération peut avoir des causes différentes et s'être produit dans des milieux dissemblables. Les eaux hydrothermales et de profondeur, accompagnées ou non par des actions de métamorphisme dynamique, la vapeur d'eau plus ou moins minéralisée, les eaux d'infiltration et de surface, quand

elles ont imprégné d'une manière continue une roche magnésienne, peuvent donner de la serpentine.

En Nouvelle-Calédonie, il n'est pas toujours facile de se rendre compte de l'origine de ce mode d'altération; les recherches à ce sujet sont encore à leurs débuts. Cependant, nous pouvons envisager les actions de la serpentinitisation sous trois aspects : 1° Serpentinitisation générale incomplète ; 2° Serpentinitisation générale complète ; 3° Serpentinitisation localisée plus ou moins complète.

Dans les deux premiers cas, cette serpentinitisation semble bien s'être formée en profondeur ou, en tout cas, indépendamment de la surface topographique actuelle. Dans le troisième cas, la distinction est difficile à faire entre une origine de profondeur et une origine liée à la surface topographique.

1° Serpentinitisation générale incomplète de profondeur. — Toutes les analyses de péridotite de Nouvelle-Calédonie révèlent une certaine proportion d'eau de constitution, indiquant qu'une partie de ces minéraux se trouvent à l'état hydraté.

Si l'on regarde, même à l'œil nu, un échantillon de péridotite saine, on remarque, la plupart du temps, des veinules traversant la masse d'olivine, voire même les cristaux d'enstatite, accusant ainsi un âge postérieur à celui de ces minéraux. Ces veinules, souvent disposées suivant un réseau à mailles carrées, sont de l'antigorite formée en profondeur.

L'origine de cette serpentinitisation inachevée, peut être attribuée à ce que certains auteurs appellent l'« autométamorphisme » de la péridotite. On peut supposer qu'au moment du refroidissement du magma péridotique, il restait une certaine proportion de vapeur d'eau résiduelle dans la masse. Cette eau a réagi sur l'olivine et l'enstatite déjà formée en donnant un silicate de magnésie hydraté qui s'est logé dans des petites fissures de contraction et de refroidissement du magma. Cette eau résiduelle était insuffisante pour hydrater complètement la masse d'olivine et d'enstatite et le résultat était alors seulement une péridotite partiellement serpentinisée.

Ce genre de serpentinitisation inachevée, se présente à des degrés différents dans presque toutes les péridotites de Nouvelle-Calédonie. A cette serpentinitisation inachevée peut s'ajouter postérieurement une serpentinitisation complète, mais qui semble s'établir dans la masse comme c'est dans le cas pour le premier type ; elle gagne progressivement par les joints le centre des blocs de péridotite déjà partiellement serpentinisée (fig. 2).

2° Serpentinitisation générale complète. — *Grandes régions serpentineuses.* — Le grand massif de péridotite du S de la Nouvelle-Calédonie est souvent bordé par des bandes de terrains serpentineux qui peuvent former le terme de passage entre la péridotite proprement dite

et les terrains sédimentaires plus anciens. Nous trouvons ces « terrains magnésiens » ¹ dans la vallée de la Dumbéa, au Mont Dore, dans la rivière des Pirogues, dans la Dothio et la Thio et entre Ounia et Port Bouquet, etc...

L'étude de ces terrains est complètement à faire. Nous ne pouvons pas nous étendre sur ce sujet. Toutefois, nous pouvons supposer que la grande masse de péridotite venue de la profondeur a trouvé à sa périphérie une quantité d'eau suffisante pour pouvoir être complètement serpentinisée.

Cette serpentinisation générale a peut-être eu comme effet de « stériliser » des zones considérables de péridotite qui n'ont pu engendrer par la suite de fortes concentrations nickelifères (côte SW de l'île).

On peut encore mentionner des phénomènes de métamorphisme de contact et de « digestion » des terrains traversés par la péridotite. Les nombreuses variétés de faciès rencontrés dans ces terrains serpentineux de contact de la périphérie, sont probablement dues à ces phénomènes.

3° *Serpentinisation localisée plus ou moins complète.* — Dans la masse des péridotites plus ou moins hydratées au moment de leur mise en place, on peut rencontrer des petites masses ou zones de serpentine, n'ayant aucun caractère permettant de déceler franchement leur origine. Certaines peuvent être le résultat d'une abondance de vapeur d'eau localisée au moment de leur mise en place, d'autres montrent des effets importants de frictions, broyage et laminage, d'autres semblent avoir une origine superficielle dont il sera question plus loin.

CONDITIONS DE GENÈSE LIÉES A LA SURFACE TOPOGRAPHIQUE

I. L'altération superficielle des péridotites.

En 1903, Glasser avait exposé l'hypothèse suivant laquelle les gisements de nickel de Nouvelle-Calédonie se sont formés par altération superficielle de la péridotite (action des agents atmosphériques).

Les observations qui ont suivi tendent de plus en plus à confirmer cette hypothèse qui, dans ses grandes lignes, conserve toute sa valeur.

En effet, l'hypothèse de la genèse des concentrations exploitables de nickel par remplissage hydrothermal *per ascensum* ou par ségrégation du magma, est formellement à exclure.

1. Ces bandes serpentineuses sont souvent appelées terrain à gaïac, d'après le nom d'un arbre qui pousse spécialement dans ces terrains serpentineux.

Soixante-dix ans d'exploitation et de prospection ont amplement confirmé que ces concentrations s'appauvrissent rapidement en profondeur et sont, par conséquent, en relation étroite avec la surface topographique. Une genèse par des sources chaudes et par des fumerolles est également à rejeter.

Aucune manifestation d'activité volcanique de surface en relation avec les gisements qui nous intéressent n'a été remarquée. Au contraire, toutes les observations confirment une origine due à un processus d'altération liée à la surface, sous certaines conditions climatiques et de relief.

Ces actions sont évidemment liées à des conditions climatiques, mais elles n'ont pas toujours des conséquences favorables pour la genèse des concentrations nickelifères. Au contraire, elles peuvent avoir un effet destructif et d'inhibition.

Nous diviserons ces actions en actions mécaniques et actions géochimiques de surface. Ces deux influences pouvant du reste intervenir simultanément.

Dans la première série sont comprises l'érosion par ruissellement, la désagrégation des roches par changement brusque de température, les tassements, les éboulements, glissements, etc... et, enfin, la circulation souterraine des eaux d'infiltration. Dans l'ensemble, ces actions ont un effet destructif et d'inhibition sur les concentrations de nickel (surtout l'érosion), quoiqu'une circulation souterraine soit indispensable à la genèse des concentrations de nickel.

Dans la deuxième série sont compris les résultats de réactions chimiques naturelles provoquées par les eaux d'infiltrations, tenant en solution des gaz et des ions sous des conditions favorables de température, dans une atmosphère d'oxydation. La formation et la concentration de minerais exploitables de nickel sont dues surtout à des réactions chimiques naturelles.

On peut dire que dans l'altération superficielle d'une roche, les actions géochimiques de corrosion prédominent sur celles mécaniques d'érosion. On peut dire également que cette altération se développe mieux sur des surfaces tabulaires ou peu accidentées (calme d'érosion) que dans une région à ravinement intense.

PROCESSUS GÉOCHIMIQUES D'ALTÉRATION DE SURFACE.

Nous pouvons envisager deux modes d'altération superficielle de la péridotite de Nouvelle-Calédonie.

1^e Altération serpentineuse de surface. — C'est l'hydratation des

minéraux de la péridotite avec *oxydation partielle et sans hydrate de fer résiduel*.

Ceci revient à un autre cas de serpentinitisation (page 114), mais ce mode d'altération est alors lié à la surface topographique et peut se poursuivre simultanément avec l'autre processus d'altération : la latéritisation que nous allons décrire plus loin.

Nous pouvons supposer que l'altération serpentineuse de surface se produit quand la péridotite est soumise, ou a été soumise, à une imprégnation continue par les eaux à l'abri des actions oxydantes de l'atmosphère, par exemple, à la sortie des sources dans le lit d'une rivière importante, au fond de la mer, etc... On peut alors imaginer le même processus d'hydratation à une certaine profondeur dans la zone des nappes aquifères permanentes imprégnant la péridotite.

Quand une serpentine est en dehors de son milieu de genèse, c'est-à-dire dans une zone d'oxydation en surface, elle peut perdre une partie de ses éléments par lessivage. Le fer, en particulier, peut ainsi disparaître. L'antigorite semble pouvoir alors se transformer en *sépiolite*, minéral très stable en surface ($\text{H}^1 \text{Mg}^2 \text{Si}^3 \text{O}^{10}$) ressemblant parfois au talc, happant la langue et dont les propriétés physiques sont souvent analogues à celles des argiles. Cette altération à l'air peut donner également un résidu de quartz plus ou moins ferrugineux.

2° Altération latéritique ou hydratation et oxydation de la péridotite, avec séparation de la plupart des éléments constitutifs.

La concentration en nickel dépend essentiellement de ce genre de processus qui, avec quelques particularités spéciales à la Nouvelle-Calédonie, peut se rapporter au phénomène de l'altération latéritique ou latéritisation.

Nous devons nous étendre assez longuement sur ce phénomène. Il est indispensable de le bien définir, et de bien mettre en évidence son importance capitale dans la genèse du métal qui nous intéresse.

A. GÉNÉRALITÉS SUR LA LATÉRITISATION. — Au début du siècle dernier, F. Bughanan, appela « Latérite » (du latin *later*, brique) une roche superficielle, rouge, provenant de l'altération superficielle du basalte des Indes Anglaises.

Dans un sens couramment admis de nos jours, une latérite est un mélange résiduel, en toutes proportions, d'hydrate d'alumine (bauxite latéritique) et d'hydrate de fer (limonite) provenant de l'altération su-

perficielle de roches contenant ces métaux sous forme de silicates plus ou moins complexes.

Par le phénomène de la latéritisation, la plupart des silicates de roches sont brisés (exemples : les feldspaths et les feldspathoïdes, les micas, les amphiboles et les pyroxènes, l'olivine et certaines argiles). Quand ce phénomène d'altération est complet, la silice, les alcalis, la chaux et la magnésie sont mis en dissolution et évacués. Sur place il ne reste, de la roche initiale, que la presque totalité du fer et de l'alumine sous forme d'hydrates qui peuvent être accompagnés par de petites quantités d'hydrates et d'oxydes de manganèse, de titane et de cobalt, et par certains minéraux résistant bien en milieu latéritique, la chromite par exemple.

La formation de latérite est soumise à des conditions topographiques et de climat. A l'époque actuelle ce mode d'altération est limité à des régions ayant un climat tropical avec des alternances de saisons humides et sèches bien distinctes, et un relief tabulaire ou peu accidenté. Ces deux conditions impliquent obligatoirement une « imbibition périodique » de la roche et une circulation souterraine des eaux près de la surface permettant ainsi l'évacuation des produits en dissolution et en suspension.

Le processus de latéritisation n'est pas toujours complet et il peut s'associer à celui de la décomposition argileuse et serpentineuse. Ainsi, il existe toute une gamme de produits d'altération superficielle composés d'un mélange de constituants latéritiques et de produits argileux et serpentineux. Dans cette catégorie de roches résiduelles rentrent les latérites argileuses et certaines argiles ferrugineuses appelées couramment « terres rouges » dans les pays tropicaux.

B. LA LATÉRITISATION EN NOUVELLE-CALÉDONIE. — La péridotite de Nouvelle-Calédonie n'a aucune valeur en elle-même ; elle peut, à la rigueur, servir de matériaux de construction et d'empierrement.

L'importance économique due à la latéritisation de cette roche est considérable. En effet, par ce seul processus d'altération superficielle, les éléments constituant la péridotite peuvent se séparer et se concentrer plus ou moins loin de leur lieu de départ commun.

Toutes ces concentrations peuvent avoir un intérêt économique : en donnant des minerais de nickel, de fer, de cobalt, de manganèse, de la giobertite et certains gisements de silice (employée en Nouvelle-Calédonie dans la métallurgie du nickel).

Même la chromite, qui ne semble pas être affectée par l'altération latéritique, peut se concentrer indirectement, par départ des autres éléments.

Ce que nous venons de dire de la latérite en général ne s'applique pas toujours à la Nouvelle-Calédonie et nous devons encore donner à ce sujet quelques explications et définitions supplémentaires :

Dans les pays classiques à latérite, comme l'Afrique Occidentale, certaines parties du N de l'Australie, la latéritisation avec des conditions favorables, ne respecte aucune roche contenant du fer et de l'alumine à l'état de silicates. Par contre, en Nouvelle-Calédonie, ce mode d'altération est confiné, à notre connaissance, aux péridotites et gabbros, plus ou moins serpentinisés. On trouve localement des « terres rouges » provenant de l'altération de roches argileuses sédimentaires ou volcaniques, mais rien qui ressemble aux étendues latéritiques d'Afrique en dehors des massifs de péridotite.

Nous pensons qu'ici l'altération latéritique est limitée à la « ferruginisation », cas particulier de la latéritisation. Ce mode d'altération donne comme résultat final un résidu d'hydrate de fer mais sans formation de bauxite latéritique (hydrate d'alumine)¹.

En effet, la formation de la bauxite semble demander des conditions topographiques et de climat beaucoup plus strictes que la formation de latérite uniquement ferrugineuse. En Nouvelle-Calédonie les conditions de formation sont suffisantes à la genèse de latérites ferrugineuses provenant de péridotites très pauvres en alumine, mais la latéritisation ne semble pas affecter les roches alumineuses qui seront altérées surtout en produits argileux.

En résumé, les latérites de Nouvelle-Calédonie sont essentiellement ferrugineuses et localisées. Elles représentent le produit final de l'altération de la péridotite.

C. CONDITIONS DE LA LATÉRITISATION. — On peut attribuer aux causes suivantes l'origine et le processus de la latéritisation :

a) *Climat*. — Quoique le climat néo-calédonien ne soit pas bien défini² et ne corresponde pas au climat tropical proprement dit, les alternances de périodes pluvieuses et sèches sont assez bien marquées pour permettre une « imbibition périodique » de la péridotite altérée, une concentration des solutions naturelles pendant les périodes sèches et une dissolution de certains produits pendant les pluies.

1. A. LACROIX signale cependant (*op. cit.*, p. 75), la présence à l'île d'Ouen de véritable latérite, riche en gibbsite, provenant en partie de dykes de gabbros.

2. Pour plus de détails sur le climat néo-calédonien, voir A. BERNARD, l'Archipel de la Nouvelle-Calédonie, Paris 1895, p. 111 à 153.

La température moyenne atmosphérique relativement élevée, sans gel, facilite l'activité des réactions géochimiques. L'atmosphère humide, pendant la période chaude de l'année favorise les actions d'oxydation.

b) *Conditions topographiques.* — La latérite se forme facilement dans les terrains tabulaires ou faiblement ondulés. Les grandes épaisseurs de latérite se rencontrent en Nouvelle-Calédonie sur les plateaux ou dans les cuvettes (plateaux de Thio et Tipouet, plaine des lacs, etc...).

Dans cette colonie, la latérite ferrugineuse peut se former dans des terrains relativement accidentés, mais alors les produits d'altération peuvent être enlevés par le ruissellement, au fur et à mesure de leur formation.

La latérite ne se forme pas dans des régions soumises à l'abrasion marine (zone des marées) ou à une érosion violente (ravins, pics et falaises) ou dans les zones soumises à une imprégnation permanente par les eaux (marais, lits de rivières, fond de la mer).

c) *Durée.* — Le processus latéritique est un phénomène d'altération extrêmement lent, si l'on prend comme unité de temps le siècle. Mais dans l'échelle des temps géologiques, il reste néanmoins de formation récente. Faute de données paléontologiques, nous ne pouvons pas avoir une idée de la « vitesse » de formation de cette roche résiduelle. Cependant, comme nous le verrons plus loin, nous envisagerons la notion « temps » en relation avec l'évolution du relief latéritique et les concentrations nickelifères s'y rattachant.

Aux conditions ci-dessus, il faut en ajouter d'autres qui nous échappent encore : en particulier, celles limitant l'épaisseur totale des produits de l'altération latéritique. Cette limite en Nouvelle-Calédonie, ou ailleurs, ne dépasse qu'exceptionnellement une centaine de mètres.

D. COMPLEXE LATÉRITIQUE. — Nous appellerons par ce nom, l'ensemble des différents stades de l'altération latéritique, depuis la péridotite saine jusqu'à la latérite de surface plus ou moins déshydratée.

L'érosion pouvant jouer en même temps que la latéritisation, ce complexe peut être rencontré à différents stades de dégradation, les termes supérieurs étant évidemment, les premiers à disparaître.

Pour mieux saisir ce processus, nous donnons ici un tableau schématique et une coupe (fig. 4 et Tab. 2) d'un complexe latéritique. C'est dans la zone inférieure que se rencontrent normalement les concentrations exploitables de nickel.

Cette coupe a été simplifiée et l'on suppose qu'elle répond à des conditions idéales de gisements sans actions destructives de

l'érosion, ni actions mécaniques de tassement et d'éboulement. Nous avons donné à la roche-mère un « délit » cubique régulier moyen. Ces dernières conditions se rapprochent de certains gisements du plateau de Thio et de celui de Poro.

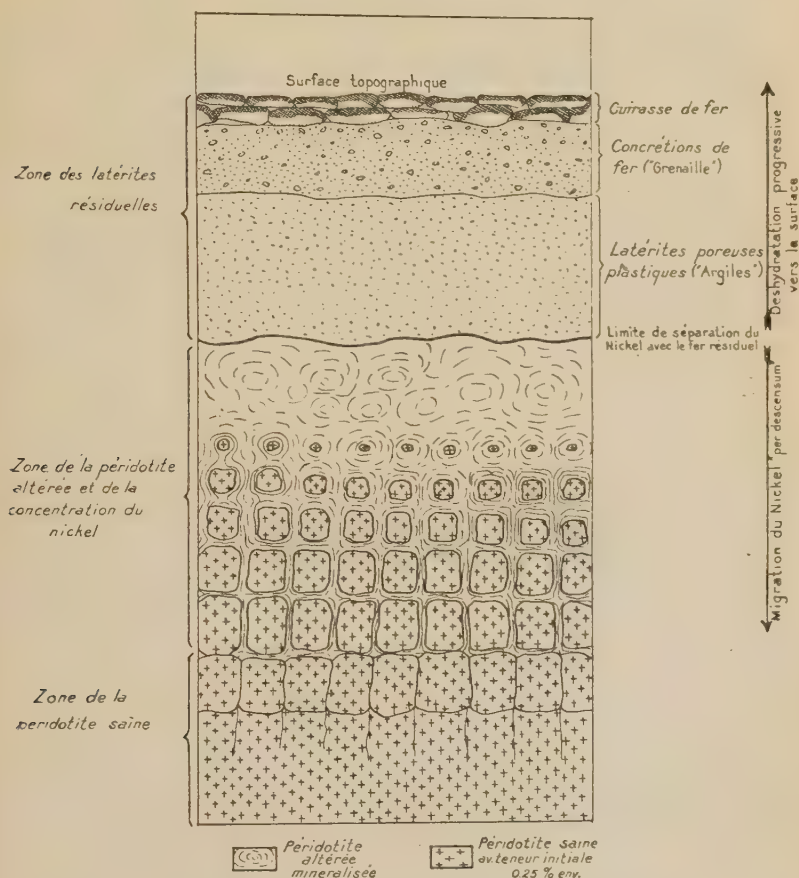


FIG. 4. — Coupe schématique idéale montrant les principales zones d'un complexe latéritique de Nouvelle-Calédonie.

Dans la description des différentes conditions et zones de latéritisation, nous suivrons ce schéma de bas en haut.

vant provenir du lessivage des produits solubles en surface par les eaux de ruissellement et d'infiltration.

Il nous manque encore des analyses complètes des eaux de pluies de Nouvelle-Calédonie ; mais nous savons que, sous les climats tropicaux, l'azote, qui se trouve dans les eaux sous forme d'acide nitrique, prédomine nettement sur l'azote ammoniacal ¹.

Il faut tenir compte aussi de l'oxygène et l'ozone en dissolution dans les eaux et du pouvoir oxydant de l'atmosphère humide.

On peut considérer également l'action du chlore provenant du chlorure de sodium qui a sa source dans l'évaporation de l'eau de mer. Le sel marin peut être transporté par le vent et se déposer dans les régions côtières. A Ceylan, par exemple, les quantités de chlorure de sodium déposé sur le terrain près de la côte, dépassent 100 kg par hectare et par an.

L'action corrosive de l'acide humique sur les roches de surface peut aussi entrer en ligne de compte ¹.

Dans les recherches futures sur les eaux d'infiltration, il faudra envisager l'évacuation des produits d'attaque sous forme de bicarbonates et de carbonates, nitrates et chlorures solubles, voire même d'humates (?). Il faudra également rechercher si une partie des éléments ne sont pas évacués en suspension colloïdale et déposés par la suite. Tenir compte également des variations de pH du milieu aqueux qui influent sur le dépôt et la mise en suspension des colloïdes.

Quand nous parlons de « solutions » sans spécifier davantage, nous entendons par là des solutions proprement dites et des suspensions colloïdales (sols).

b) *Délit et surface d'attaque de la périclase* — L'existence d'un réseau de fissures, ou diaclases provoqué par des efforts dynamiques et par le refroidissement, dans la masse de la périclase, a eu comme résultat de donner une roche qui se délite naturellement. Ce délit régit l'extension de la surface primitive d'attaque par les eaux d'infiltration et il est souvent un facteur important dans les conditions d'exploitabilité d'un gisement de nickel.

Plusieurs types de délits peuvent se présenter suivant la forme des éléments (cubes, parallépipèdes, rhomboèdres plus ou moins réguliers). Il arrive fréquemment qu'on trouve la forme de parallépipèdes allongés suivant la verticale qui, par leur elongation exagérée,

1. Voir à ce sujet l'ouvrage classique de F. W. CLARKE, *The Data of Geochemistry*. U. S. Geol. Surv. Bull. 770, p. 55 à 57.

peuvent passer à des zones de broyage et de laminage à l'allure plus ou moins filoniennes.

Les dimensions du délit sont données par les dimensions moyennes de ses éléments. Il est évident qu'un petit délit aura une surface d'attaque, par les eaux d'infiltration, plus grande qu'un gros délit ¹.

Toutes conditions égales d'ailleurs, une masse de péridotite à petit délit sera plus facilement altérée et éventuellement minéralisée par imprégnation, que la même masse ayant un gros délit.

Des zones de broyage à petits éléments de péridotite altérée et bien minéralisée dans la masse, avec rendement excellent, sont limitées par des « épontes bloquées », expression locale indiquant des parois de péridotite se débitant en gros blocs ; ces blocs ne présentent qu'un début d'altération suivant les diaclases plus espacés. Les parties centrales restent en péridotite saine. Le rendement au triage de ces parties « bloquées », comme disent les mineurs néo-calédoniens, sera minime. (Exemple : mines « BARBOUILLÉ », « ANCIENNE MOULINET », « 3 TONNEAUX », etc...)

c) *Porosité et perméabilité acquise de la péridotite altérée.* — Les eaux d'infiltration, profitant des réseaux de diaclases, attaquent progressivement la roche en brisant les silicates de magnésie et de fer anhydres et en mettant en solution une partie de la silice et de la magnésie.

Cette attaque est rapide et, en quelques mm, on passe brusquement de la péridotite saine à des produits de décomposition avancée.

Il y a également changement de couleur et on passe des verts plus ou moins foncés, à des jaunes et bruns indiquant que le fer à l'état ferreux a été libéré à l'état d'hydrate ferrique.

La péridotite tout en s'altérant et en perdant une bonne partie de la silice et de la magnésie, conserve plus ou moins bien sa structure ou sa charpente primitive. Cette charpente est constituée par des lamelles d'hydrates de fer et de silice résiduelle et par des squelettes de cristaux d'enstatite pouvant être transformée, probablement, en bastite, variété lamellaire d'antigorite qui correspond au « mica » des mineurs néo-calédoniens.

Le terme extrême de cette conservation de la structure primitive de la roche-mère, est le « bouchon », nom donné localement à la péridotite altérée, lessivée de la plupart de ses éléments constitutifs et ayant une densité apparente inférieure à 1. En effet, le « bouchon » flotte sur l'eau pendant quelques instants jusqu'à imbibition. Cette

1. Prenons comme exemple un délit formé par des cubes réguliers. Théoriquement la surface d'attaque varie en raison inverse de la longueur du côté du cube pour un même volume primitif. Prenons un cube de 1 m de côté, sa surface d'attaque est de 6 m². Débitons ce cube en éléments cubiques de 1 cm de côté, la surface totale d'attaque de tous ces éléments devient alors 600 m²).

charpente de péridotite altérée devient progressivement plus riche en fer, nickel et cobalt par départ des autres éléments (la silice et la magnésie). Il en résulte un enrichissement en nickel sur place (minéralisation « *in situ* ») (Voir page 137).

Dans les péridotites altérées, on peut rencontrer des noyaux sphériques ou fusiformes plus ou moins réguliers de péridotite absolument saine (blocs flottants). Ces noyaux deviennent de plus en plus fréquents en profondeur et, progressivement, on passe à la péridotite « bloquée ». L'attaque agit davantage sur les angles solides du cube en les émoussant : ainsi l'on passe progressivement à une sphère de plus en plus petite qui par la suite disparaîtra par transformation complète en péridotite altérée.

La péridotite altérée se délite souvent en croûtes et enveloppes concentriques de quelques centimètres d'épaisseur autour des noyaux primitifs de péridotite saine montrant ainsi la progression de l'attaque et de la transformation.

La péridotite, dès qu'elle est altérée, devient poreuse et donc perméable, les eaux de « percolation » ¹, peuvent alors pénétrer, circuler et séjourner périodiquement un certain temps en constituant ce qu'on peut appeler un « milieu d'imbibition périodique ». Ce milieu spongieux permet la continuation de l'attaque de la péridotite saine par des réactions géochimiques et l'évacuation des produits en « solution », plusieurs jours, voir plusieurs semaines, après une forte pluie.

Cette péridotite spongieuse, par la suite, peut être enrichie en nickel par imprégnation et dépôt de ce métal venant de haut (minéralisation *per descensum*, page 139).

2. — Zone des latérites résiduelles.

a) *Limite de séparation du fer et du nickel* — En étudiant un complexe latéritique non dégradé de Nouvelle-Calédonie, on remarque, dans la plupart des cas, que la péridotite altérée devient de plus en plus terreuse vers la surface en s'enrichissant généralement en nickel. Puis brusquement, il y a appauvrissement en nickel et en magnésie et enrichissement en fer et cobalt.

Ce résidu composé, dans sa presque totalité d'hydrate de fer, est une latérite dans le sens que nous avons donné à ce mot. La limite de séparation du nickel et du fer est généralement nette et se traduit par un changement de couleur qui devient brun foncé en passant de la péridotite terreuse minéralisée à la latérite. Cette limite, ou zone de séparation, correspond à la surface de « déca-

1. Par « percolation », nous entendons le passage très lent des eaux d'infiltration de haut en bas.

page » des exploitations de nickel et indique la frontière de la latérite stérile et du minerai.

b) *Latérites inférieures*. — Normalement après cette limite, ou zone de séparation du nickel et du fer, la latérite est extrêmement poreuse et légère, quand elle est sèche. Une fois imprégnée d'eau, elle devient plastique et, pour cette raison, elle est appelée improprement « argile » en Nouvelle-Calédonie. Elle est souvent parcourue par de petites tubulures, par des veinules et placages noirs à reflets bleuâtres qui se détachent du fond jaune brun de cette latérite. Cela indique qu'il y a eu séparation du fer, du manganèse et du cobalt sous forme d'asbolane, plus ou moins riche en oxyde de ce dernier métal (minerai cobaltifère des mineurs néo-calédoniens).

c) *Latérites supérieures, leur déshydratation progressive*. — Une des propriétés des latérites ferrugineuses est de pouvoir perdre leur eau d'imprégnation et, dans certains cas, leur eau de constitution. Cette déshydratation progressive se fait du bas vers le haut. La couleur de la latérite devient de plus en plus foncée et passe à des rouges bruns. A partir d'une certaine profondeur, la masse poreuse de la latérite se concrétionne en des pisolites constituant la « grenaille » de fer qui couvre très souvent les pentes et les cuvettes.

Le terme extrême de la latéritisation est constitué par de l'hématite scoriacée, qu'on trouve seulement en surface, le plus souvent en blocs éparpillés. Elle provient de la cimentation de la grenaille ferrugineuse.

Dans les parties tabulaires, comme au Plateau de Tipouet et surtout à la Plaine des Lacs, cette latérite de surface forme une couche continue et correspond à la cuirasse de fer des géologues français et l'« iron crust » des géologues anglais. Ces latérites déshydratées peuvent constituer d'excellents minerais de fer : leur teneur en fer métallique pouvant atteindre 65 %.

d) *Latérites en place et latérites d'apport*. — Dans la description du complexe latéritique qui vient d'être faite, nous avons supposé que tous les produits ferrugineux résiduels étaient restés sur place.

En réalité, sauf pour quelques régions tabulaires étendues, la partie supérieure de la zone des latérites (surtout la grenaille et l'hématite), est remaniée. Le tout est plus ou moins mélangé et subit un transport (par ruissellement et glissement) plus ou moins long (*latérite d'apport*).

A ceci il faut ajouter certaines actions de tassement dues à

l'écrasement des latérites poreuses sous le poids des latérites supérieures.

Cependant ces latérites poreuses inférieures, par leur jeunesse (si l'on suppose que la latéritisation gagne progressivement du haut vers le bas) et par la protection des latérites supérieures contre les actions du ruissellement, conservent très souvent des vestiges de la structure de la roche-mère montrant ainsi qu'elles se sont formées sur place (*latérite en place*).

Le phénomène de la latéritisation est essentiellement chimique ou biochimique, sauf pour la circulation et l'évacuation des solutions. Ce mode d'altération n'implique pas forcément le mouvement de corps non colloïdaux dans l'espace. Ainsi un cristal de chromite, inattaquable par la latéritisation, peut conserver la même position dans l'espace aussi bien dans la péridotite saine que dans la péridotite altérée et dans la latérite en place.

Il n'est pas toujours facile de distinguer les latérites d'apport des latérites en place, surtout quand on a affaire à des types homogènes.

La latérite en place se reconnaît facilement, si la péridotite altérée qui l'a engendrée contient des filonnets de quartz, d'asbeste, des lentilles serpentineuses (fig. 5). Ces minéraux résistent mieux



FIG. 5. — Latérites en place et latérites d'apport.

I : *Vue en plan*. Des blocs de péridotite plus ou moins altérée à filonnets de quartz et d'enstatite sont noyés dans la latérite poreuse. La position des filonnets à peine dérangés montre que la latérite s'est formée sur place. (Près de la mine Ghion à NARETY.)

II : *Vue en coupe*. Coupe montrant des filonnets de quartz passant dans la latérite inférieure. Vers le haut ces filonnets sont écrasés par tassement des latérites. (Mines Vorarlberg — Ouenghi.)

A = Latérite d'apport : B = Latérite en place : C = Zone de la péridotite altérée minéralisée

à l'attaque finale de la latéritisation et peuvent dépasser plus ou moins bien la limite de séparation du fer avec le nickel et la magnésie. Ces filonnets peuvent persister dans les latérites franches, mais graduellement disparaissent vers le haut et vont « mourir » dans la masse des latérites supérieures. Parfois, la latérite provenant d'une péridotite très riche en enstatite, conserve les squelettes de cristaux de ce minéral même dans la zone des latérites inférieures (fig. 5).

Nous avons insisté sur cette distinction de *latérites en place* et de *latérites d'apport* parce que nous pensons que, dans certains cas, elle peut donner des indications utiles dans la prospection de régions à grosses épaisseurs de latérites.

Une certaine épaisseur de latérite en place représente le résidu insoluble d'une certaine masse de péridotite sous-jacente et, théoriquement, une certaine quantité de nickel a dû être libérée de cette masse, ce métal pouvant se concentrer en bas de la latérite ou dans le voisinage.

Par contre, une certaine épaisseur de latérite d'apport ne peut donner aucune indication, ni sur la roche-mère, ni sur les concentrations éventuelles de nickel.

II. Les concentrations exploitables de nickel.

MINÉRALOGIE SOMMAIRE DES MINÉRAIS SILICATÉS DE NICKEL.

Depuis la découverte des gisements de nickel en Nouvelle-Calédonie, on a constaté que les minerais de ce métal contenaient une proportion variable de magnésie et de nickel, toujours accompagnés par de la silice. Ces minerais se présentent sous forme de silicates hydratés de magnésie et de nickel, qu'on trouve en Nouvelle-Calédonie et en d'autres parties du globe comme à Madagascar, en Caroline du Nord, en Silésie, dans l'Oural, à Cuba, etc... Parmi les noms les plus couramment employés attribués à ces silicates, nous citerons la garniérite, la nouméite, la pimélite, la népouite, etc...

Simone Caillère à laquelle nous devons l'étude sur les minéraux de la serpentine, déjà citée à la page 116, n'a jamais visité la Nouvelle-Calédonie et, par conséquent, n'a pas pu se rendre compte des conditions de gisements dans cette colonie. Elle a étudié un grand nombre d'échantillons néo-calédoniens au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris, parmi lesquels une bonne partie provenait de la région de Thio. Après avoir soumis ces différents échantillons à l'analyse chimique, à l'analyse thermique différentielle, à l'étude des rayons X et

à la déshydratation dans le vide, c'est-à-dire aux méthodes d'investigation de laboratoire les plus récentes, cet auteur en a conclu que, comme pour les antigorites purement magnésiennes, ces variétés de silicates de nickel et magnésie, minéralogiquement parlant, se ramènent à des antigorites où la magnésie peut remplacer le nickel dans des proportions variables ($H^4 (Mg, Ni)^3 Si^2 O^8$).

Ces antigorites nickelifères, d'après le même auteur, contrairement à ce qu'on pensait auparavant, sont cristallisées; mais, vu la petitesse des éléments cristallins, elles échappent à toute observation microscopique, la cristallisation peut cependant être mise en évidence par les rayons X.

Le minerai « chocolat » serait de l'antigorite nickelifère dans de l'hydrate de fer.

Toujours en se rapportant aux travaux de S. Caillère, les minerais silicatés de nickel appartiennent, dans la presque totalité, aux antigorites α qui sont supposées s'être formées près de la surface. Ces antigorites nickelifères peuvent être associées à d'autres minéraux tels que le talc ou la sépiolite.

Nous appellerons, dans ce travail, les concentrations nickelifère, indifféremment, minerai de nickel, garniérite, antigorite nickelifères. Nous ne faisons qu'une distinction physique entre les minerais chocolat, les minerais verts, etc... et la minéralisation diffuse, invisible, mise en évidence uniquement par l'analyse chimique.

DIFFÉRENTS STADES DE LA MINÉRALISATION DU NICKEL

D'après les observations sur le terrain et quelques analyses incomplètes, nous envisageons la minéralisation du nickel sous trois phases principales : 1° Minéralisation initiale de la péridotites ; 2° Enrichissement « *in situ* » du nickel dans la péridotite altérée par départ des autres éléments ; 3° Concentration du nickel par « reprise » et migration « *per descensum* » (tabl. 3).

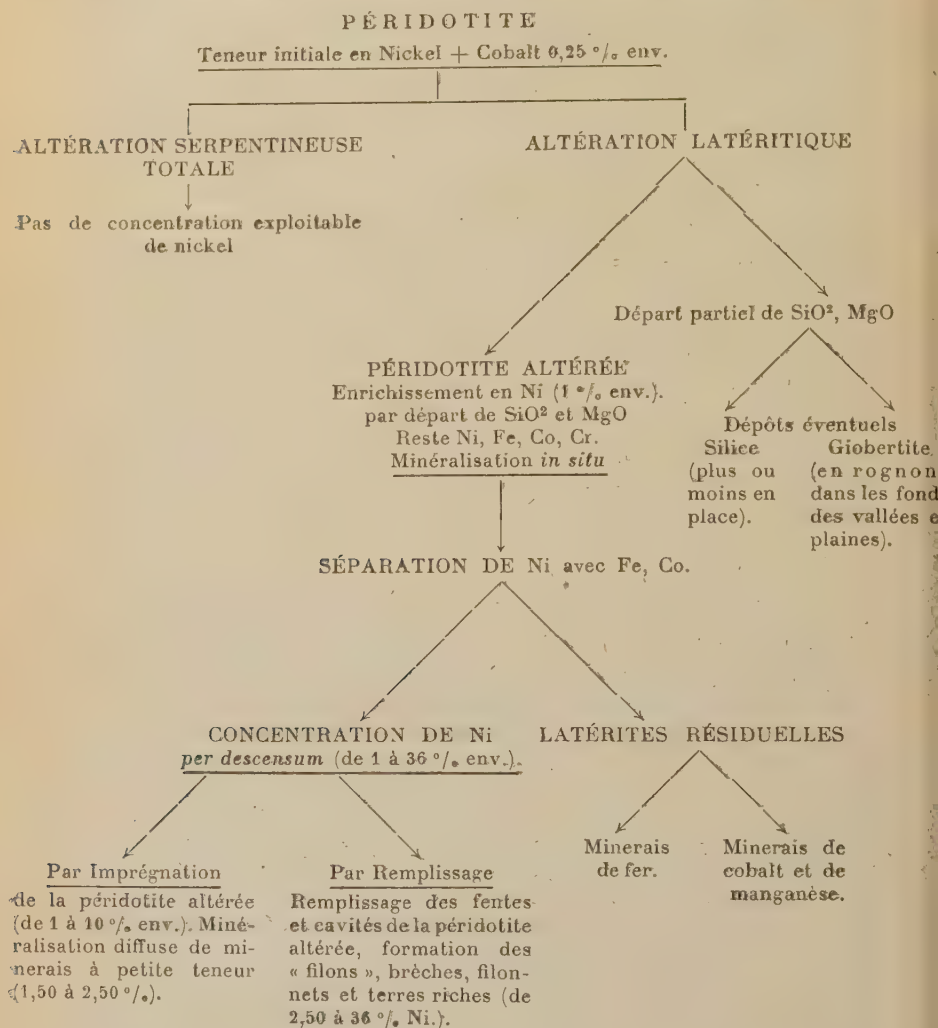
La première phase de minéralisation a été décrite à la page 130 dans la description de la péridotite. Nous rappellerons que la teneur initiale de la roche-mère saine est assez constante et de l'ordre de 0,25 % en nickel.

1° *Enrichissement « in situ »*. — La deuxième phase se produit dans la zone de la péridotite altérée d'un complexe latéritique.

Nous supposons qu'il n'y a pas eu, dans cette deuxième phase, de perte considérable en nickel pendant l'altération de la péri-

TABLEAU 3.

SCHEMA THÉORIQUE MONTRANT LES PRINCIPAUX STADES
DE L'ALTÉRATION DE LA PÉRIDOTITE
ET DE LA CONCENTRATION DU NICKEL EN NOUVELLE-CALÉDONIE



dotite, et que ce métal est resté pratiquement sur place. Son enrichissement provient du départ, plus ou moins total, de la silice et de la magnésie qui peuvent représenter plus de 75 % dans la

composition de la roche-mère. On ne sait pas encore dans quel état se trouve ce nickel, diffus dans la masse de la péridotite altérée et qui n'est mis en évidence que par l'analyse chimique.

Les conditions d'enrichissement en nickel *in situ* ne semblent pas être strictes et l'on peut dire que toute péridotite altérée en surface s'est enrichie en nickel, au moins faiblement. Même des péridotites, relativement bien serpentinisées (« terrains magnésiens »), peuvent donner du minerai très pauvre (environ 1 %) sur de larges étendues. Exemple : Région côtière de N'Goye à Port Bouquet. Ces « terres magnésiennes » peu minéralisées se trouvent sur une petite épaisseur (de l'ordre de 1 m). On ne trouve pas, associées à ces roches imperméables, les riches concentrations en nickel qui sont en relation seulement avec les péridotites peu serpentinisées et fissurées.

Nous pensons que la gamme de teneur variant entre 0,25 et 1,50 %, est due à cet enrichissement sur place. On rencontre cette gamme dans la presque totalité des massifs de roches vertes calédoniennes une fois altérées superficiellement.

Cette péridotite altérée, enrichie *in situ*, n'est pas exploitable en elle-même, au moins dans les conditions économiques et par les procédés de traitement actuels, mais sa minéralisation peut contribuer largement à une concentration postérieure « *per descensum* ».

2° *Concentration du nickel « per descensum »*. — Cette troisième phase est la plus complexe, la plus importante. Elle est indispensable dans la genèse et l'évolution « positive » des concentrations exploitables de nickel.

« *Descente* » de la latérite et reprise du nickel. — Dans la description d'un complexe latéritique, nous avons mis en évidence la limite, le plus souvent brusque, de la péridotite altérée, minéralisée en nickel et de la latérite ferrugineuse proprement dite.

Les observations sur le terrain montrent que cette limite avance progressivement du haut vers le bas, en refoulant la magnésie et la silice combinée restant encore dans les péridotites altérées et la presque totalité du nickel. Si on ne tient pas compte des actions de ruissellement et de glissement, l'épaisseur de la latérite résiduelle ferrugineuse augmente graduellement. Nous appellerons « descente » de la latérite, ce déplacement progressif vers le bas de la limite nickel-fer. Le même terme peut du reste être utilisé pour indiquer la progression vers le bas de l'ensemble du complexe latéritique.

Nous appellerons « reprise » du nickel, le phénomène dont le résultat est le refoulement en solution de ce métal au fur et à mesure de la « descente » de la latérite, avec comme conséquence des zones minéralisées à teneur décroissante vers le bas.

Nous supposons que les eaux de pluie et de percolation, probablement acides, qui traversent la latérite, séjournent un certain temps dans la partie plastique inférieure de cette zone et mettent en solution le métal qui se trouvait dans la péridotite altérée et les minerais préexistants.

Mis ainsi en solution par « reprise », ce métal peut rester dissout, et alors être évacué par les sources et perdu à jamais, ou bien se déposer à nouveau dans sa migration du haut vers le bas (migration *per descensum*), et constituer alors les concentrations exploitables de nickel.

Aux conditions de latéritisation déjà décrites (page 127), d'autres conditions sont nécessaires pour permettre le dépôt et la concentration des solutions nickelifères venant du haut.

A. CONDITIONS COMPLÉMENTAIRES DE MILIEU DE CONCENTRATION. —

Dans l'état actuel de nos connaissances, nous ne pouvons imaginer seulement que quelques-unes de ces conditions complémentaires :

a) Il faut que les solutions nickelifères puissent circuler suivant un écoulement facile, soit verticalement (gisements de plateau ou de mamelon), soit suivant un plan (ou une zone), plus ou moins incliné sur l'horizontale à quelques mètres de profondeur (gisements de migration).

b) Il faut, dans la zone de la péridotite altérée, de l'espace, (pores, cavités, diaclases, fentes, etc...) permettant au minerai de nickel de pouvoir se loger.

Faute d'espace suffisant, il peut en résulter des gisements « bloqués », avec migration d'une partie du minerai.

c) Il faut un temps relativement très long pour pouvoir obtenir des concentrations de nickel provenant de solutions à teneurs minimales. Pendant ce temps, les conditions de milieu ne doivent pas être dérangées par l'érosion. Il faut tenir compte également de la périodicité, souvent saisonnière, de la circulation des eaux, de la mise en solution du nickel au début des saisons des pluies et de la concentration et saturation des solutions avec la marche des saisons sèches. Cette périodicité est parfois mise en évidence par la structure mamelonnée et zonée de certains minerais verts de remplissage.

d) Si nous supposons que le nickel est mis en solution par

« reprise », il faut, pour qu'il puisse se déposer à nouveau plus tard, que le milieu aqueux contienne les éléments nécessaires permettant la précipitation du nickel sous forme d'un produit stable (antigorite nickelifère) dans son milieu de genèse.

On peut supposer également que la solution, ou la suspension colloïdale, renfermant le nickel n'était pas à l'état de silicate mais d'hydrate, par exemple. Il est alors indispensable d'avoir de la silice et de la magnésie disponibles sous forme « assimilable », pour obtenir le précipité de silicate hydraté double de magnésie et de nickel. Cette silice et cette magnésie existent précisément, car elles proviennent de l'altération des minéraux de la péridotite.

Il est probable que la silice « assimilable » se présente sous forme de gelée colloïdale. Dès que cette silice est cristallisée en quartz, elle se combine difficilement, à cause de sa grande résistance aux attaques chimiques.

Il en est de même pour la magnésie qui sera plus facilement « assimilable » sous forme de bicarbonate soluble qu'à l'état de silicate généralement très stable comme la sépiolite et l'asbeste.

La présence de silice et de magnésie, indispensable dans certains cas, comme nous venons de le voir, peut devenir nuisible si ces éléments sont en abondance.

Prenons une suspension colloïdale où tout le nickel est à l'état de silicate et où la silice colloïdale est en excès. Cette suspension circule dans les fentes et les vides, qui sont alors colmatés par du minerai et du quartz, ce dernier élément occupant une place qui aurait pu être prise par du minerai si la silice n'avait pas été en excès. Certains minerais quartzeux pauvres peuvent avoir cette origine.

Ces remarques peuvent s'appliquer à la magnésie. Nous avons vu que, dans l'antigorite nickelifère, le nickel pouvait théoriquement se substituer à la magnésie en toutes proportions, ce qui expliquerait la variabilité de teneur en Ni et Mg de ce minerai. Un excès de magnésie « assimilable » sera favorable à la formation de minerai riche en magnésie et pauvre en nickel. Cela permettrait d'expliquer la genèse de certains minerais dits « magnésiens ». Ils sont verdâtres quand ils sont humides et blanchâtres une fois secs. Il ne faut pas les confondre avec les serpentines imprégnées de nickel improprement désignées par la même expression.

Les quelques conditions complémentaires de milieu qu'on vient de décrire font entrevoir la complexité des problèmes qu'il est

nécessaire de résoudre pour pouvoir se rendre compte, d'une manière satisfaisante, du processus conduisant à la concentration exploitable de nickel. A cela il faut ajouter d'autres facteurs qui nous échappent complètement. Ces facteurs inconnus peuvent appartenir à l'action des catalyseurs naturels, à des actions biochimiques et aux variations de pH du milieu, etc...

Aucun facteur ne doit être rejeté *a priori* et toutes les méthodes d'investigation compatibles avec l'altération des roches doivent être tentées dans les recherches futures à entreprendre sur ce problème.

B. MINÉRALISATION PAR IMPRÉGNATION ET MINÉRALISATION PAR REMPLISSAGE.

a) *Imprégnation diffuse*. — Les croûtes et enveloppes poreuses constituant les péridotites altérées peuvent être imprégnées de garniérite par des solutions nickelifères venant du haut ou latéralement. Ainsi, à l'enrichissement « *in situ* », peut s'ajouter un enrichissement par colmatage des pores et craquelures de la péridotite altérée (imprégnation *per descensum*).

Les minéraux de nickel sont rarement visibles à l'œil nu et, s'ils le sont, ils se présentent sous forme de points ou de lamelles vertes.

A ceci, on peut ajouter également certaines actions de substitution : remplacement par exemple, des veinules d'antigorite magnésienne par de l'antigorite nickelifère. Certains minerais « quadrillés » paraissent avoir cette origine.

Nous attribuons à ce genre de minéralisation, la genèse de la plupart des « petits minerais », c'est-à-dire des concentrations diffuses de nickel à basse teneur, de 1 à 3 %, caractérisées par l'absence de minerais vert et « chocolat » visibles, par leur homogénéité et par leur régularité de teneur avec un rendement au triage généralement bon.

b) *Minéralisation par remplissage*. — Par perte en volume, due à l'altération latéritique de la péridotite, les diaclases et les fentes de cette roche ont pu être élargies. A ceci, il faut ajouter un certain ruissellement souterrain qui a pu entraîner des matériaux en suspension et élargir ainsi ces fentes qui, une fois remplies, ont donné lieu à des filons, filonnets, croûtes, poches...

Les concentrations de nickel, parfois très riches, appartiennent à ce genre de minéralisation dont la teneur peut varier de 1 à 33 % environ, cette dernière teneur se rencontrant dans quelques échantillons choisis et exceptionnels. La pauvreté (en nickel) de

certain minerais de remplissage est due à l'abondance de la magnésie dans l'antigorite ou à une gangue siliceuse.

Dans le même « filon » ou poche, peuvent se rencontrer différents types de minerais (minerais verts, « chocolat », quartzes, magnésiens) qui montrent les variations de milieu et de minéralisation dans le temps.

c) *Actions combinées des minéralisations par remplissage et par imprégnation.* — La minéralisation par remplissage peut

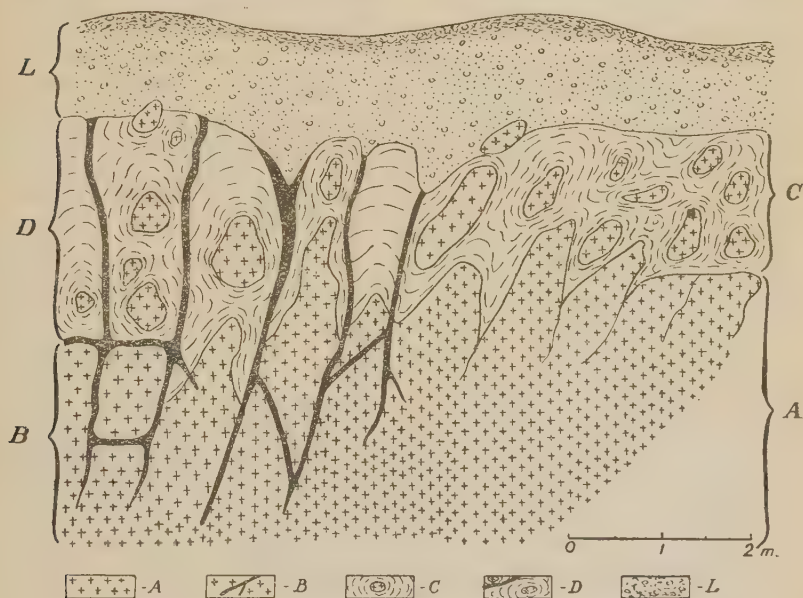


FIG. 6. — Coupe schématique montrant le cas où la minéralisation par imprégnation C et la minéralisation par remplissage B ne sont pas exploitables séparément, mais le deviennent une fois réunies dans le même front de taille, zone D.

A : Péridotite stérile — 0,25 % Ni ; B : Minéralisation en filonnets par remplissage des fentes de la péridotite saine. Minéral à 15 %, rendement au triage presque nul (inexploitable) ; C : Minéralisation par imprégnation altérée avec noyaux de péridotite saine. Zone donnant du « petit minéral » à 3 % avec bon rendement au triage (inexploitable actuellement) ; D : Les deux minéralisations. B et C sont réunies dans le même front de taille, dans ce cas on obtient du minéral exploitable à + de 3 % ; L : latérites stériles.

descendre à des profondeurs relativement considérables (plus de 100 m) et dépasser, vers le bas, la zone de la péridotite altérée, si elle trouve des fentes dans la péridotite saine. Le nickel forme alors des filonnets verts avec des épontes dures et inaltérées. Dans ces conditions, le rendement au triage sera minime et l'exploitation impossible à cause du « blocage ».

Mais avec le temps, la « descente » de la zone de péridotite altérée peut « rattraper » cette minéralisation de remplissage de profondeur.

Les filonnets verts donneront du minerai très riche, mais en petite quantité ; les péridotites altérées engendreront des quantités considérables de minerai diffus à petite teneur.

Au point de vue de l'exploitation, nous pouvons envisager l'exemple suivant : supposons que les filonnets de remplissage puissent donner du minerai très riche, mais en petite quantité, tandis que les péridotites altérées du minerai diffus à petite teneur, mais en grande quantité et avec un bon rendement au triage. Séparés, ces deux types de minéralisation ne pourront pas être exploités ; mais, réunis dans le même front de taille, ils fourniront, par mélange, un minerai marchand (fig. 6).

C. ACTIONS DYNAMIQUES EN RELATION AVEC LA MINÉRALISATION ; MINÉRAIS BRÉCHOÏDES. — Les minerais de nickel de Nouvelle-Calédonie se présentent parfois avec une structure bréchiforme, indiquant ainsi des actions d'écrasement et de broyage suivies par une cimentation.

Nous avons observé, quant à leur genèse, deux types de minerais bréchoïdes :

1° Des péridotites plus ou moins serpentinisées ont été écrasées par des mouvements tectoniques et ensuite minéralisées dès qu'elles ont été soumises à des conditions de latéritisation et de minéralisation.

Dans ce cas, les éléments sont en péridotite et en serpentine plus ou moins altérée et le ciment en minerai souvent quartzeux (voir page 156). (Exemple : le grand filon de la mine des « 3 TONNEAUX » à Thio.)

2° La perte progressive des éléments autour des blocs de péridotite altérée a pu produire, par simple gravité, des tassements de ces blocs avec écrasement des produits poreux, friables et tendres, contenant le minerai de nickel déjà formé.

Il faut encore signaler des mouvements de terrain de plus grande envergure, comme des éboulements et glissements (gisements de « décrochement »), parfois provoqués par des séismes.

Certains minerais reflètent, par leur structure, les vicissitudes et les différents remaniements inhérents à leur mise en place. Ainsi, on peut observer parfois des éléments de minerai « filonien » verts, brisés, cimentés par un ciment ferrugineux. Le cas inverse peut également se produire : des éléments de minerai « chocolat » sont enrobés par un ciment vert nickelifère. Il serait trop long de décrire tous les différents types observés indiquant cependant qu'il est possible d'avoir des actions dynamiques pendant et après le processus géochimique de la minéralisation.

Dans certains cas un gisement, dont les fentes et les pores ont été remplis par le nickel, aura atteint son stade de minéralisation définitif. Dans d'autres cas, des actions mécaniques postérieures auront pu créer de nouvelles fentes avec broyage du minerai primitif ; un nouvel enrichissement par circulation des solutions nickelifères pourra alors se présenter.

D. GISEMENTS PSEUDO-FILONIENS. — On appelle couramment, en Nouvelle-Calédonie, « filon de nickel » toute zone minéralisée, ayant une certaine continuité de puissance et de direction, et limitée par des épontes plus pauvres.

Il n'a pas été signalé encore de vrais filons en relation avec le nickel dans cette colonie, si par ce terme on entend des gisements métallifères formés par remplissage hydrothermal « *per ascensum* », indépendamment de la surface topographique, et caractérisés généralement par la présence de sulfures et de sulfoarséniures.

Les « filons » de nickel néo-calédoniens sont toujours en relation avec le relief et ne dépassent 100 m de profondeur qu'exceptionnellement. Leur longueur est rarement supérieure à quelques centaines de mètres.

Dans la plupart des cas, le nom de filon est donné à des zones de broyage et de laminage minéralisées (Poró, Ouinné, Canala, Nakéty, etc...). Dans d'autres cas, cette dénomination s'applique à des écrans ou lentilles de serpentine dans la périclote où la minéralisation a pu se concentrer au contact (voir page 119). Parfois, il s'agit (exemple du « filon croiseur » des « 3 TONNEAUX » à Thio), de fractures verticales assez larges, de 5 à 50 cm de puissance, remplies de minerai de nickel et de quartz souvent en zones alternantes. Leur aspect est nettement filonien, quoique leur origine soit en relation avec la surface. Sans pouvoir prêter à confusion, ces veines minéralisées peuvent être appelées filons « *per descensum* » ou « pseudo-filons ».

Tous les types de minéralisation « pseudo-filoniennes » sont possibles, depuis les grosses veines que l'on vient de mentionner jusqu'à des filonnets et veinules à peine visibles à l'œil nu. Le remplissage peut être en minerai vert ou chocolat, en terre minéralisée, en quartz et opale plus ou moins « peints en nickel », le tout pouvant être accompagné par du talc et de la sépiolite.

E. GISEMENTS FORMÉS EN PLACE ET GISEMENTS DE MIGRATION. — Dans les coupes et exemples que nous avons donnés, nous avons supposé que le nickel en solution coulait suivant la verticale en

gagnant progressivement le bas. Certains gisements que nous pouvons appeler *gisements en place*, paraissent être formés uniquement par un enrichissement vertical en nickel. Ils sont caractérisés par une épaisseur relativement grande, de la zone minéralisée et par des zones pseudo-filoniennes. Au point de vue topographique, ces gisements formés en place, se rencontrent sur les plateaux, les crêtes et les mamelons ; bref, ils ne sont pas dominés par un relief supérieur. La plupart des gisements du

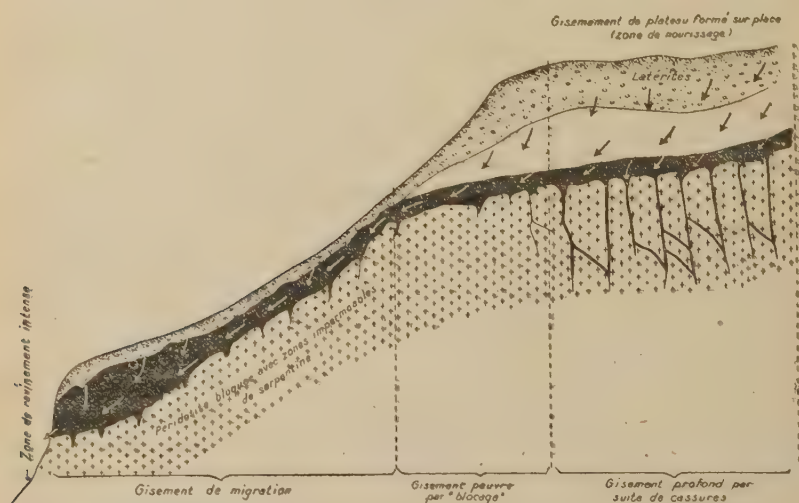


FIG. 7. — Coupe schématique d'un gisement de nickel de migration.

Les flèches indiquent le sens de la circulation des eaux souterraines et éventuellement des solutions nickelifères.

Plateau de Thio, ceux de la région de Canala, Nakéty et Poro, peuvent être rangés dans ce type.

A ces gisements s'opposent des concentrations exploitables de nickel, près de la surface, étalées sur des pentes relativement fortes, avec une mince couverture de latérite, souvent à l'état de grenaille. La puissance de ces gisements est faible, comparée aux gisements de plateau.

Il faut ajouter que ces gisements de pente sont dominés, soit par un plateau latéritique (exemple : anciens chantiers du Plateau du Tipouet à Voh), soit par un ressaut à flanc de coteau, avec la latérite généralement bien conservée (mines de « ZIZETTE 3 » à Thio, « BOSHORE 2 » à N'Goye, « CHIMÈRE 2 » à la Dumbéa). Les actions mécaniques d'éboulement et de tassement sont révélées par l'abondance de minerai bréchiiforme parfois très riche.

En attendant que des recherches soient entreprises sur la genèse de ces gisements, nous pensons que certains d'entre eux se sont formés surtout par la migration du nickel (*gisement de migration*) en solution ou suspension, ce métal provenant surtout des parties topographiques dominantes (plateau, mamelon, ressaut, etc...).

Nous supposons que le nickel descendant verticalement dans les parties peu accidentées (plateau, mamelon), ou bien reste en solution, et alors il émigre, ou bien trouve les conditions complémentaires de dépôt dont nous avons parlé dans un chapitre précédent, et alors il se dépose en formant un gisement en place (fig. 7).

Après avoir rempli éventuellement les espaces disponibles (pores et fentes), les solutions nickelifères circulent à la manière des eaux souterraines, en suivant une surface ou une zone imperméable à une certaine profondeur. Cette surface est sensiblement parallèle à la surface topographique, mais plus atténuée.

Ces solutions passent parmi les blocs des péridotites et longent certaines zones serpentineuses imperméables. Le nickel se dépose seulement s'il trouve dans sa migration des conditions favorables de dépôt, et cela seulement à une certaine distance de la surface. Nous pensons, en effet, que les précipités de ce métal ne sont stables et insolubles qu'à une certaine profondeur, quand ils sont protégés par un écran de latérite. Nous reviendrons sur ce sujet à propos de la dégradation des gisements de nickel par dissolution.

DÉGRADATION ET DESTRUCTION DES GISEMENTS DE NICKEL

A la différence des gîtes minéraux de profondeur qui, une fois mis en place, ne varient plus, à moins de circonstances accidentelles comme le volcanisme, les mouvements tectoniques et le métamorphisme, les gisements de nickel néo-calédoniens, tributaires des vicissitudes toujours changeantes de la surface topographique et du climat, sont en évolution continuelle.

Nous pouvons nous rendre compte de cette évolution, non pas en étudiant un même gisement, car les stades d'évolution sont très longs si on les compare à la durée de l'existence humaine, mais en observant les gisements d'un même type dans leurs différentes phases.

On peut dire que les concentrations nickelifères ont une « vie »,

c'est-à-dire, qu'après les stades de genèse et de maturité, ils peuvent se dégrader et disparaître.

Nous avons déjà passé en revue les conditions de genèse et de concentration ; ces phases constituant ce qu'on pourrait appeler les phases positives de l'évolution. Il nous reste à parler brièvement des phases négatives, c'est-à-dire de la dégradation et de la disparition des gisements de nickel.

Une concentration nickelifère évolue négativement par deux séries d'action qui, très souvent, agissent simultanément : la première série est représentée par des actions mécaniques destructives de surface, comme l'érosion par ruissellement et l'abrasion marine, la deuxième se traduit par un processus géochimique ayant comme résultat la dégradation des gisements de nickel par dissolution des minerais de ce métal (gisements lessivés).

I. DESTRUCTION PAR ACTIONS MÉCANIQUES.

a) *Destruction par l'érosion.* — Le relief actuel de la Nouvelle-Calédonie est, dans son ensemble, fortement accidenté. Il est naturel dans ces conditions que l'érosion soit très active et que le ravinement s'attaque énergiquement à la destruction des massifs de péridotites qui se trouvent à peu de distance de leur niveau de base (mer).

On a remarqué que les gisements exploitables se trouvent principalement entre 300 et 800 m d'altitude. Les gisements de la « MELBOURNE » à Poro et de la « MARSEILLAISE » à Canala, qui sont à moins de 100 m d'altitude près du bord de la mer, constituent des exceptions. Les gisements, à plus de 1.000 m, sont très rares comme par exemple celui « des SAPINS » voisin de la « ZIZETTE 104 » à 1.050 m d'altitude. On n'a pas encore signalé de gisements dans le fond des vallées et dans les parties fortement ravinées. On trouve cependant de rares concentrations de nickel sur des pentes très raides et même escarpées ; mais si on examine de près ces formations (exemple : niveaux inférieurs de la « Prise de Rivoa » à Port Bouquet), on se rend compte que ces gisements ont été dégradés par le ravinement et que, tôt au tard, le ruissellement les fera disparaître.

Les gisements de nickel non dégradés¹ se rencontrent généralement dans les parties les moins accidentées d'un massif de péridotite, comme les mamelons, les plateaux plus ou moins démantelés, éperons et crêtes arrondies, terrasses à flanc de côteau etc... Ces conditions topographiques sont souvent désignées, à raison, par l'expression locale de « belles croupes ».

1. Par gisement de nickel non dégradé, nous entendons un gisement formé sur place qui conserve au moins une partie de sa latérite résiduelle.

Dans la majorité des cas, les reliefs débutent par un abrupt de 100 à 300 m (massifs de la Douetampo, Nekandy, Ningua, Koniambo, etc.,). Or c'est sur les crêtes et sur les parties mamelonnées que le complexe latéritique est le mieux conservé.

Nous sommes conduits à envisager l'existence d'un ancien relief plus adouci que le relief actuel. Nous supposons également une extension plus considérable à un complexe latéritique non dégradé avec gisements de nickel éventuels. Les gisements importants actuels, formés sur place, auraient pris naissance dans ce relief ancien et feraient partie de cette carapace latéritique ancienne, actuellement réduite à l'état de témoin par l'érosion. Enfin, des terrasses et des mamelons à flanc de coteau représentent des époques de calme dans le creusement des vallées avec développement possible de latérite et de gisements de nickel.

En généralisant, on peut admettre que la naissance des gisements formés sur place, comme ceux du Plateau de Thio et le Koniambo, par exemple, a débuté sur une surface topographique ancienne dont nous retrouvons des témoins importants dans les parties les moins ravineées. Les gisements de migration, par contre, semblent mieux évoluer et s'adapter à des conditions topographiques relativement accidentées et plus récentes.

b) *Destruction par l'abrasion marine.* — L'action continue des vagues et des marées, au bas des massifs de périclote, a comme effet la formation progressive d'une plate-forme ou seuil d'abrasion marine limité vers le large par la couronne des récifs madréporiques extérieurs. Cette action se traduit également par la formation de falaises qui reculent sous l'effet de sape des vagues, suivi d'éboulements successifs. Les gisements de nickel qui peuvent se trouver en relation avec des témoins de l'ancien relief, sont détruits au fur et à mesure du recul de la falaise (fig. n° 8).

Des exemples de cette destruction par éboulement, due à l'abrasion marine, se rencontrent très nettement, surtout sur la côte E de l'île, entre la Dothio et Nakéty. Plus au N, par contre, les actions de l'abrasion marine se font moins sentir et l'ancienne surface topographique (côte entre Canala et Houailou), est relativement bien conservée près du niveau de la mer. Cette conservation est due à l'absence de mouvement de soulèvement et même à un affaissement de cette partie de côte, ayant eu comme résultat la formation de vallées submergées. (exemple : les baies de Canala et de Kouaoua). Ainsi on peut expliquer logiquement l'existence de gisements de nickel près du bord de mer à une altitude de moins de 100 m comme à Poro et à la presqu'île de Bogota.

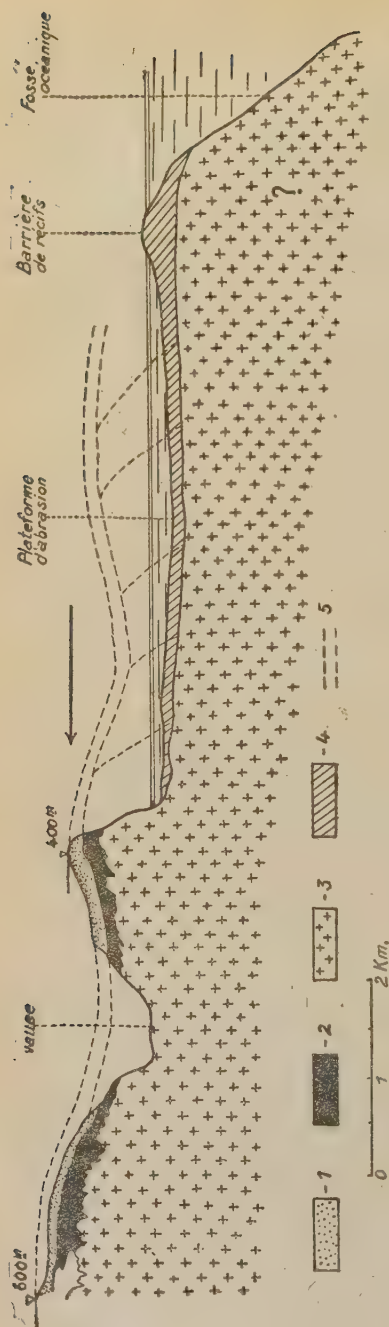


FIG. 8. — Coupe simplifiée montrant la formation d'un seuil marin par recul progressif de la falaise côtière dû à l'abrasion marine. Le complexe latéritique avec gisements de nickel est détruit au fur et à mesure du recul de la falaise indiqué par une flèche, (exemple pris près de l'embouchure de la Dothio, côte Est).
1 : Latérite ; 2 : Gisement de nickel ; 3 : Périodotite ; 4 : Formation de coraux morts et vivants ; 5 : Relief ancien hypothétique avec complexe latéritique.

Des conditions analogues se trouvent dans la baie de Port-Bouquet, mais, dans ce cas, la pauvreté de concentrations exploitables de nickel n'est pas due à des conditions topographiques défavorables, mais à la nature de la roche mère trop serpentinisée (minerai à environ 1,50 %).

c) *Hypothèses sur l'évolution du relief néo-calédonien.* — Ce que nous venons de dire nous permet d'imaginer différents stades dans l'évolution du relief de la Nouvelle-Calédonie.

a) Après la mise en place de la péridotite, une forte érosion a dû détruire les terrains sédimentaires de couverture et attaquer vigoureusement les massifs de roches vertes (péridotites et serpentines). Le résultat de cette érosion intense a été un relief mamelonné avec des plateaux et de vallées ouvertes près de leur niveau de base.

b) Pendant une période d'érosion plus calme, l'altération géochimique qu'est

la latéritisation, a été très active, et une forte carapace ferrugineuse, pouvant être associée aux gisements de nickel, s'est établie sur les parties les moins accidentées.

c) Des mouvements positifs de terrain ont soulevé ¹ graduellement et localement de quelques centaines de mètres ce relief primitif. Il s'en est suivi une nouvelle érosion violente avec enfoncement des vallées et avance des ravins dans les massifs et dans les plateaux (érosion régressive). Il est évident que l'ancienne surface, avec les gisements de nickel, est mieux conservée sur les crêtes et sur les plateaux que dans les ravins. En outre, on peut remarquer qu'une couverture de latérite poreuse ou scoriacée permet aux eaux de pluie de s'infiltrer rapidement et empêche ainsi les filets d'eau de ruissellement de se former.

On peut aussi dire, qu'à pente égale, l'érosion travaille davantage dans les parties basses que dans les parties hautes d'un massif de péridotite.

Nous n'avons pas encore trouvé une hypothèse satisfaisante pour justifier l'absence de riches concentrations de nickel à des altitudes dépassant 1.000 m. On pourrait invoquer un climat plus froid et plus pluvieux aux hautes altitudes ayant des effets d'inhibition sur la genèse du nickel ou une topographie toujours accidentée même pendant l'établissement du relief ancien, etc...

Par contre, la notion de l'évolution du relief et l'érosion active à une époque relativement récente et actuelle, nous paraît bien expliquer l'absence de concentration exploitable de nickel en dehors de l'ancienne surface topographique. Dans le relief récent, toutes les conditions nécessaires à la concentration de nickel sont apparemment réunies (parties basses de certaines vallées importantes) ². La jeunesse du relief, c'est-à-dire l'établissement récent des conditions favorables à la formation des gisements, n'a pas permis aux concentrations exploitables de nickel de se former encore. Nous pourrions aussi penser à un climat moins favorable à cette genèse, depuis un temps relativement récent.

Nous avons insisté à dessein sur cette évolution du relief. Il nous semble en effet que, dans les recherches des gisements de nickel, la distinction des différentes phases de cette évolution peut rendre des services aux explorateurs et justifier la richesse ou la stérilité en nickel de certaines parties du « terrain minier ».

1. On n'a pas tenu compte des mouvements d'oscillation (soulèvements et affaissements successifs), mais des résultats généraux de l'ensemble de ces mouvements.

2. C'est dans les sols des vallées évasées et des plaines côtières que l'on trouve à faible profondeur des rognons de giobertite provenant du lessivage des massifs de péridotite.

II. DÉGRADATIONS ET DESTRUCTION PAR DISSOLUTION.

a) *Affleurements de minerai de nickel.* — D'une manière générale, les affleurements proprement dits de minerai de nickel, (« têtes de minerai » des mineurs de Nouvelle-Calédonie), sont rares et d'une surface minime par rapport à l'étendue des gisements dont ils font partie. Des concentrations importantes ont été découvertes sans affleurement initial, par des travaux de prospection.

Pour que le minerai de nickel affleure, il faut qu'il soit débarrassé de ses latérites résiduelles ; ceci ne peut se présenter qu'à la faveur d'un ravinement intense.

Les observations sur le terrain montrent que les minerais de nickel ne sont pas stables en surface ; si on les compare à la latérite résiduelle, ils affleurent exceptionnellement et temporairement. Le ravinement rafraîchit continuellement leur surface ; si ce ravinement s'arrête, les eaux atmosphériques peuvent mettre en solution ce minerai de surface.

Les minerais ne semblent stables qu'à une certaine profondeur, protégés par une épaisseur variable de latérite et avec une circulation optimum des eaux souterraines (eaux de percolation). En dehors de ce milieu, les minerais de nickel disparaissent plus ou moins rapidement suivant leur nature et leurs propriétés physiques. Cela peut se produire si, pour une raison quelconque, le processus de la latéritisation est dérangé et si les eaux circulent violemment dans la zone des péridotites altérées.

On peut supposer, pour expliquer les observations sur le terrain, que les eaux de surface et de ruissellement sont acides et que, dans un temps plus ou moins long, elles attaquent et dissolvent les minerais silicatés de nickel une fois exposés à l'air. Ces minerais ne restent stables que dans leur milieu de genèse, c'est-à-dire dans un milieu aqueux, préalablement neutralisé par une percolation à travers les latérites résiduelles et après mise en solution de sels de nickel et de magnésie.

Si le complexe latéritique est perturbé pour une cause quelconque et que les eaux acides de surface arrivent au contact du minerai, ce minerai sera dissous et éventuellement déposé à nouveau plus bas, ou perdu à jamais.

b) *Zone de lessivage.* — Ce qu'on vient de dire expliquerait les zones d'appauvrissement, allant du haut vers le bas, que nous avons remarquées très souvent près de la surface, quand les latérites en place ont été enlevées par ruissellement. Les gisements,

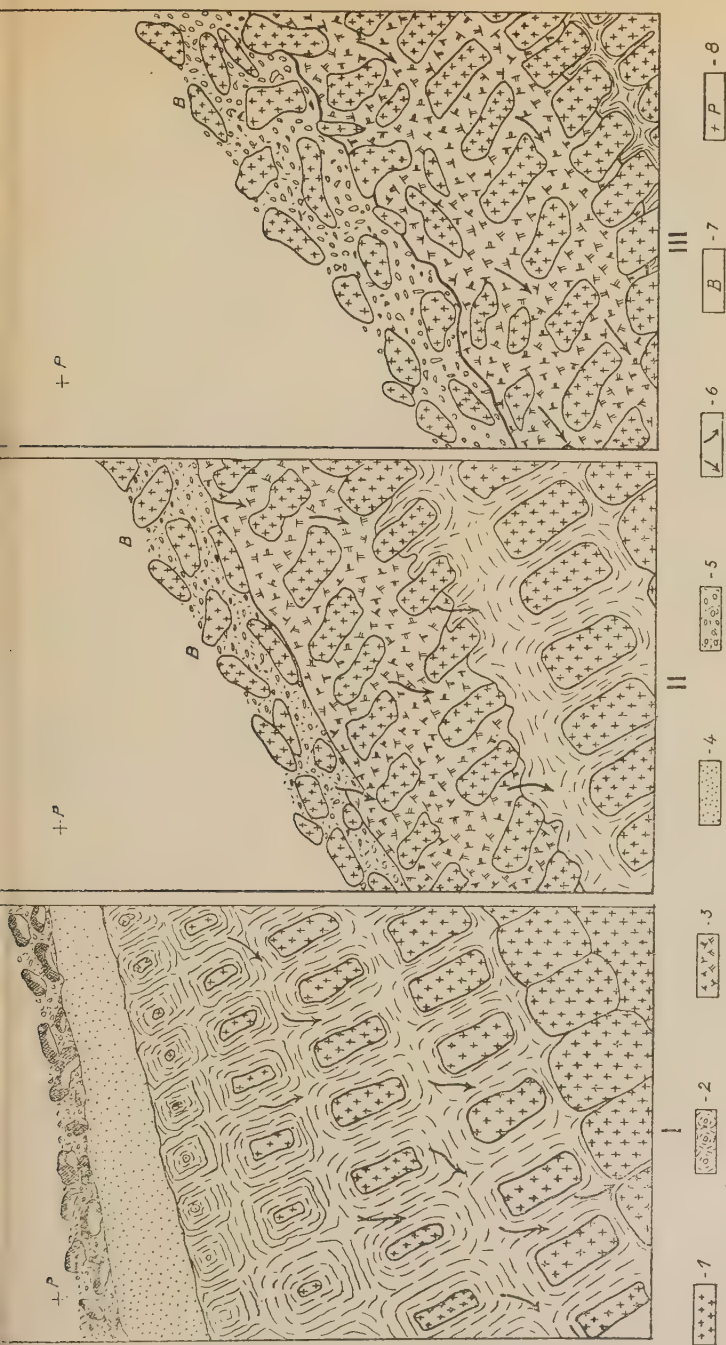


Fig. 9. — Coupes montrant trois stades dans l'évolution du même gisement de nickel.

Les actions destructives du lessivage et de l'érosion ont dégradé graduellement ce gisement. I : Gisement évoluant positivement ; II : Gisement dégradé par l'érosion et le lessivage ; III : Gisement détruit par l'érosion et le lessivage (gisement mort).

1 : Périclase (saine) ; 2 : Périclase altérée, minéralisée avec filonnets ; 3 : Zone de lessivage ; 4 : Latérite en place, surmontée par de la latérite d'apport ; 5 : Sens de la circulation des eaux et de la migration du nickel ; 7 : Blocs de périclase descendus par tassements et éboulements ; 8 : Point fixe dans l'espace.

présentant cette caractéristique à des degrés différents jusqu'à leur destruction, seront appelés « gisements lessivés de leur nickel » ou « gisements de lessivage ». La zone d'appauvrissement, qui va du haut vers le bas, sera également appelée « zone de lessivage ».

Cette zone est caractérisée par l'élargissement des fentes entre les blocs de péridotite indiquant une circulation violente des eaux souterraines qui s'y engouffrent (terrain soufflé). La péridotite altérée devient d'une teinte gris rose avec des croûtes siliceuses légères et friables : L'analyse montre un appauvrissement en nickel et en fer. Enfin, on rencontre souvent dans cette zone du quartz résiduel en alvéole (voir plus loin).

Quoique cela paraisse paradoxal, le lessivage détruit le minerai de nickel et les péridotites déjà altérées par la latéritisation, mais semble peu affecter les blocs de péridotite saine qui peuvent ainsi se trouver dans cette zone et être portés en surface par le ruissellement à la manière de blocs erratiques. Le lessivage et le ruissellement débarrasseront, du reste, les croûtes poreuses friables qui entouraient les blocs de péridotite ; ces derniers apparaîtront alors presque intacts sur le sol ou dans la latérite de recouvrement.

Le lessivage, en appauvrissant progressivement la zone des péridotites altérées, peut aller jusqu'à la destruction complète des gisements de nickel. Dans ce cas, il y aura passage brusque de la zone de lessivage aux péridotites saines (voir figure n° 9).

Dans presque tous les gisements visités, on peut remarquer des zones plus ou moins étendues de lessivage ; mais les plus beaux exemples sont ceux du Plateau de Thio et à Nakéty (« MOULINET », « CLEMENCE », « SANTA MARIA », « BIENVENUE », etc...). Cette zone est surtout bien développée dans les gisements de mamelons.

Cette zone extérieure d'appauvrissement est mise en évidence dans certains chantiers aujourd'hui abandonnés. Les anciens mineurs l'ont délaissée en prenant la partie centrale riche du mamelon. Les parties hautes pauvres (côpote du mamelon) ont dû être enlevées pour les besoins de l'exploitation, mais les parties latérales pauvres n'ont pas été exploitées et elles ont été seulement traversées par des tranchées d'évacuation (chantiers abandonnés ayant la forme d'un cratère).

Aux « 3 TONNEAUX » (Centre de Thio), les eaux se sont engouffrées dans les fentes et ont dissous le minerai de nickel à des profondeurs de plus de 40 m de la surface primitive, en dégradant la minéralisation d'une partie du « Grand Filon » et en laissant du quartz de lessivage. Ces fentes d'appauvrissement sont très nettes et constituent ce qu'on pourrait appeler des « Cheminées de lessivages ».

Nous avons constaté également que le lessivage gagne plus rapidement du haut vers le bas les zones mieux minéralisées pseudo-filoniennes que les épontes plus pauvres. Ainsi il arrive que, dans les parties hautes du « filon », les épontes soient plus riches que dans le « filon » lui-même ; après avoir dépassé la zone de lessivage, la situa-

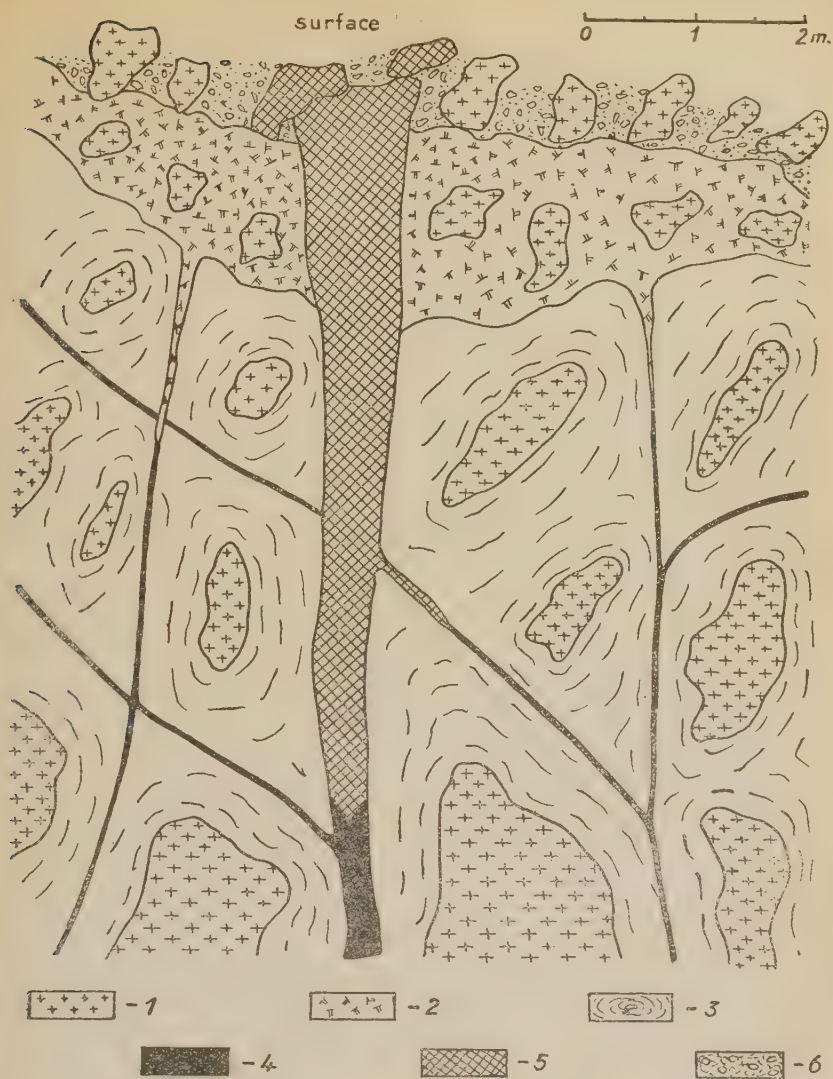


FIG. 10. — Coupe schématique montrant la zone de lessivage dans un gisement de nickel. Cette zone avance plus rapidement dans les zones pseudo filoniennes de remplissage (cheminée de lessivage) que dans les épontes à minéralisation diffuse.

1 : Péridotite saine ; 2 : Zone de lessivage ; 3 : Péridotite altérée à minéralisation diffuse ; 4 : Minéralisation de remplissage ; 5 : Cheminée de lessivage avec quartz résiduel (ex. pris à la mine Clémence, centre de Thio) ; 6 : Latérite d'apport « grenaille ».

tion est renversée. Des exemples de ce que nous venons de dire sont bien visibles aux « filons » de « MOULINET » et de la « CLÉMENCE » (fig. 10). Il est évident que les eaux d'infiltration s'engouffrent et circulent plus librement dans les zones pseudo-filoniennes broyées, que dans les épontes plus « bloquées » et, de ce fait, entraînent plus rapidement le minerai préexistant.

c) *Quartz résiduel*. — On trouve fréquemment du quartz associé à des concentrations exploitables de nickel, et il nous semble utile d'en dire quelques mots, sans tenir compte des rares filons de quartz stérile d'origine hydrothermale qu'on trouve parfois en relation avec la péridotite, et des brèches serpentineuses à éléments de serpentine et à ciment de quartz bien développé en bandes considérables, surtout dans les terrains de contact.

Quand le quartz est en relation avec des minerais de nickel, il semble qu'il se soit formé en même temps que le dépôt de garniérite. Suivant un processus qui nous échappe, la silice libérée pendant l'altération superficielle de la péridotite est soit évacuée par les sources (gisements sans quartz, exemple « ZIZETTE 3 »), soit déposée, comme pour les minerais de remplissage, dans les fentes élargies de la péridotite plus ou moins altérée (gisements quartzeux type « TIPOUET »). Très souvent cette silice cimente soit de la péridotite ou de la serpentine, plus ou moins minéralisée en nickel, soit même du minerai de nickel vert compact. On peut observer ainsi toute une gamme de brèches minéralisées à ciment siliceux.

Nous supposons la silice libérée à l'état de suspension colloïdale. Par la suite, après avoir permis la formation de silicates hydratés, parmi lesquels les minerais de nickel, l'excès se déposerait sous forme de quartz dans les fentes (quartz pseudo-filonien), et cimenterait roches et minerais broyés, de remplissage, (brèches quartzéuses).

Parfois le quartz est teinté par des solutions nickelifères et, quoique d'une belle couleur verte, ce minerai a une teneur faible et décevante (« quartz teinté » des mineurs néo-calédoniens).

La silice, une fois déposée sous forme de quartz cristallisé, est un des minéraux qui résiste le mieux aux actions de dissolution en surface. Dans le processus régulier de la latéritisation, le nickel, une fois mis en solution par la « reprise » (voir page 139), s'il est associé à du quartz, laisse ce minéral à l'état de filonnets, lamelles et alvéoles qui passent dans les latérites inférieures (fig. 5).

Dans la partie supérieure de la zone des latérites, ce quartz est plus ou moins écrasé par les actions de tassement ; il devient

parfois pulvérulent et peut disparaître dans la latérite supérieure. Dans d'autres cas, il résiste bien en surface et forme des blocs alvéolaires de quartz résiduel ; les alvéoles, ayant souvent la forme cubique, sont pseudomorphiques d'après des éléments bréchiformes de péridotite et de minerai disparus par dissolution. On trouve parfois à l'intérieur de ces alvéoles des produits pulvérulents siliceux et ferrugineux de lessivage. Dans les gisements dégradés par lessivage, le quartz résiduel est très fréquent et constitue des « terres » et croûtes quartzeuses pauvres. Il peut remplir plus ou moins complètement les cheminées de lessivage. Des exemples remarquables de ce qu'on vient de dire se rencontrent aux gisements des « 3 TONNEAUX », à la « CLÉMENCE » et la « PAULINE » (Centre de Thio).

La présence de quartz résiduel en surface est généralement un bon indice dans la prospection des gisements de nickel. (Gisements de « PIN PIN » à Moindah). Le minerai peut se trouver à peu de profondeur des affleurements de quartz et certains blocs de ce minerai dont les centres sont mieux conservés, peuvent présenter des traces de minerai vert. Cependant il faut faire des réserves et prévoir aussi les cas suivants où les affleurements de quartz ne sont pas obligatoirement associés à des concentrations riches en nickel :

a) Le quartz a été trop abondant au moment de son dépôt et a occupé tout l'espace disponible des fentes, en empêchant plus tard un remplissage par du minerai de nickel. Des gisements pauvres en ce métal avec du quartz « teinté » semblent avoir cette origine.

b) Ce quartz résiduel de lessivage est le seul témoin d'une concentration de nickel disparue totalement par dissolution (Gisements morts, voir figure n° 9).

c) Ce quartz peut provenir d'une brèche à éléments de péridotite ou de serpentine qui n'ont jamais été minéralisés. Des gros blocs de quartz résiduel alvéolaire, en relation surtout avec des terrains serpentineux, peuvent avoir cette origine.

RÉSULTATS GÉNÉRAUX

Il est évident que ce travail a un caractère provisoire. Son but est de faire le point en l'état actuel de nos connaissances, en reliant les observations faites sur le terrain et quelques hypothèses explicatives.

En attendant que ces hypothèses soient confirmées ou rejetées

par des travaux futurs et des expériences de laboratoire, voici les quelques résultats généraux que nous voudrions mettre en relief :

a) Les concentrations exploitables de Nouvelle-Calédonie, sont en relation avec la zone de l'altération superficielle de la péridotite.

b) Le rôle négatif de la serpentinitisation complète de la péridotite a été mis en évidence dans la genèse des gisements exploitables de nickel.

c) La genèse des concentrations exploitables de nickel est une phase intermédiaire de l'altération superficielle de la péridotite aboutissant à un résidu latéritique (hydrate de fer résiduel). En faisant quelques réserves, nous avons attribué cette altération superficielle aux processus de la latéritisation de la péridotite.

d) La minéralisation du nickel a été considérée dans trois stades de genèse : 1° Minéralisation initiale de la péridotite — 2° Enrichissement du nickel « *in situ* » dans la péridotite altérée par départ partiel des autres éléments — 3° Concentration « *perdescensum* » par « reprise » de ce métal.

Tout gisement de nickel exploitable est passé obligatoirement par ces trois stades.

e) Nous avons émis des hypothèses sur la migration du nickel et sur le rôle des actions mécaniques naturelles dans la formation de minerais bréchoïdes.

f) Nous avons essayé de mettre en évidence un ancien relief actuellement dégradé par l'érosion et l'abrasion marine. Des gisements importants de nickel, ayant pris naissance dans cet ancien relief, ont pu être réduits à l'état de témoins ou détruits par ces phénomènes.

g) Les observations sur le terrain montrent que les minerais de nickel ne sont pas stables à l'air. Quand la circulation des eaux, ayant régi leur milieu de genèse, a varié pour une cause quelconque, ces minerais peuvent être dégradés par une dissolution postérieure. Nous avons constaté que cette dégradation se traduit par un appauvrissement du haut vers le bas (zone de lessivage).

En conclusion, nous pouvons dire que les recherches sur le terrain, complétées par des études pétrographiques et chimiques d'échantillons, ont dégagé les grandes lignes des conditions de genèse et d'évolution des gisements de nickel en Nouvelle-Calédonie. Il reste cependant, pour l'avenir, à déterminer par des méthodes bio-physico-chimiques le mécanisme intime des concentrations nickelifères, sans aucun doute en liaison étroite avec les eaux de circulation.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

1895. — A. BERNARD. L'Archipel de la Nouvelle-Calédonie, Paris.
 1904. — E. GLASSER. Rapport sur les richesses minérales de la Nouvelle-Calédonie. Paris.
 1917. — M. PIROUTET. Étude stratigraphique sur la Nouvelle-Calédonie. Thèse. Paris.
 1935. — S. CAILLÈRE. *Congrès International des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie appliquée*. Tome I, p. 197-205, Paris, 1935.
 1936. — — Contribution à l'étude des minéraux des serpentines. Thèse. Paris.
 — — Composition minéralogique des minerais silicatés de nickel (nouméite et garniérite)
 1938. — E. DE CHÉTELAT. Le modelé latéritique de l'Ouest de la Guinée française. *Rev. Géogr. Phys et Géologie Dyn.*, XI, 1, 1938.
 1942. — LACROIX. Les péridotites de la Nouvelle-Calédonie, leurs serpentines et leurs filons de nickel et de cobalt. *Mémoires Ac. Sc.*, I F. LXVI, 1943.

LÉGENDES DES PLANCHES

PLANCHE IV.

- A : Ravin montrant la cuirasse latéritique ferrugineuse de surface (environ 2 m) et les latérites inférieures plus tendres (Plaine des lacs).
 B : Minerai de fer latéritique de surface (latérite supérieure). Cuirasse latéritique brisée, formée d'hématite et de limonite.

PLANCHE V.

- 1 : Débit en cubes de la péridotite. Mine « Vorarlberg » à la Ouenghi.
 2 : Débits en rhomboèdres de la péridotite avec remplissage des diaclasses par du quartz et par du minerai. Ancien chantier de l'« École » (Plateau de Thio).

PLANCHE VI.

- 1 : Péridotite à enstatite s'altérant progressivement suivant les joints, avec passage graduel des cubes plus ou moins réguliers à des noyaux sphériques. Mine « ARBRE VERT » à Bouraïl.
 2 : Minéralisation « in situ » et par imprégnation de la péridotite altérée (parties foncées). Minéralisation de remplissage par du minerai quartzeux suivant les diaclasses (parties claires). Mine « ARBRE VERT » à Bouraïl.

PLANCHE VII.

Ce cliché montre l'influence du délit de la péridotite sur l'exploitabilité d'un chantier. Niveau 6 « SAINT-MARTIN » Centre de Thio.

Lat = Latérites résiduelles. Leur limite inférieure indique la zone de séparation Fer-Nickel (surface de « décapage »). B = Péridotite à gros délit, à rendement au triage pratiquement nul, délaissée par l'exploitation P = Péridotite à délit moyen, bien minéralisée et à bon rendement au triage (exploitable).

PLANCHE VIII.

- 1 : Zone d'appauvrissement par lessivage du Niveau 1 du chantier des « 3 TONNEAUX ».

Le remplissage entre les blocs fusiformes de péridotite relativement saine est

formé surtout de produits siliceux de lessivage à moins de 2%. Les produits représentent le résidu de lessivage d'un minerai à environ 4%.
 Ni + Co qu'on trouve plus bas à partir du Niveau 2.

A remarquer que le lessivage attaque facilement les minerais et la péridotite altérée ; par contre les blocs fusiformes de péridotite saine ne sont que très peu affectés par ce phénomène.

2 : Quartz résiduel de lessivage à alvéoles.

A l'origine une brèche à éléments de péridotite et de minerai était cimentée par du quartz minéralisé. Le lessivage a fait disparaître les parties minéralisées occupées par les alvéoles en laissant un squelette de quartz fortement appauvri en nickel. A la gauche du cliché le lessivage n'avait pas appauvri complètement cette brèche minéralisée qui a pu être exploitée.

Partie nord du « Grand Filon » de la Mine de « TROIS TONNEAUX ».

PLANCHE IX.

PLAINE DE LA YATE ET DES LACS. Grande étendue latéritique ferrugineuse.

M. J. Bourcart croit devoir attirer l'attention sur une généralisation possible des conclusions du Mémoire de M. E. DE CHÉTELAT.

La latérite, en Guinée comme en Nouvelle-Calédonie, ne s'est formée par ce que l'on peut appeler « corrosion phréatique » que pendant des époques de « calme orogénique » où les pentes n'existent presque pas.

Le soulèvement général, c'est à dire la déformation d'ensemble du pays — qui a pour conséquence la reprise de la dissection fluviale — suspend progressivement la corrosion phréatique et l'accumulation vers le bas ou vers le haut (cuirasse) de ces produits. La cuirasse fournit alors des alluvions latéritiques. Notons aussi que M. de Chételat insiste sur le *tassement* des zones latéritiques et la destruction progressive du massif rocheux par la corrosion.

Dans les pays où il n'existe pas de latéritisation, elle est remplacée par la kaolinisation. Les « gores » très épais de la région d'Uzerche, montrent les mêmes filons (quartz et aphte) conservés dans l'épaisse masse kaolinisée et les mêmes indices de tassement.

Jusqu'ici, l'action de l'« érosion fluviale » qui n'aboutit qu'à une surface d'équilibre très ondulée, s'était montrée impuissante à expliquer ce que W. M. Davis a appelé une *pénéplaine*. L'action de la mer et du vent a été aussi éliminée. Ne peut-on penser que l'agent principal de pénéplanation soit cette corrosion phréatique par les eaux du sol, qui, elle aussi, s'interrompt aux époques de déformation orogénique ? On trouverait aussi dans cet ameublissement des masses granitiques la source des immenses quantités de sable qui apparaissent brusquement à l'Old red sandstone ou au Permien-Trias.

Ce seraient des sables préparés par la corrosion phréatique qui a dû être intense à l'époque houillère par exemple quand la vie des sols était elle-même intense.

OBSERVATIONS GÉOLOGIQUES
SUR LA RÉGION MINÉRALISÉE EN CUIVRE ET EN ÉTAÏN
SITUÉE AU SUD-OUEST DU TRÀNNINH (LAOS)
(P'OU P'A PET ET HAUT NAM THONG)

PAR **J. Fromaget**¹.

I. — SITUATION GÉOGRAPHIQUE.

Les gisements de cuivre qui font l'objet des recherches de la Mission du Service Géologique au Trânninh sont situés au SW du plateau du Trânninh dans la bordure montagneuse — dis-séquée par l'érosion — qui en forme son plus important contre-fort avec la masse principale du P'ou Bia, 2.817 m, la plus haute montagne du Laos.

Les premiers gisements furent découverts au cours d'une de mes tournées géologiques le 20 décembre 1939, dans une brèche, appelée plus tard « brèche de la Découverte », qui domine, au S, un très petit cirque où se trouvait alors la première base d'un village méo que l'on me désigna sous le nom de Ban Nam Thong (le village de la rivière du cuivre).

Deux gros affluents du Mékong, tous deux descendant du plateau du Trânninh, limitent ce contrefort : à l'E, c'est le Nam Nhiep dont la source est près de Xieng Khouang et le confluent à Pak Sane, à une courte distance de celui du Nam Sane, cours d'eau venant également du Trânninh, au SE de Xieng Khouang ; à l'W, c'est le Nam Ngum dont la source est au N de la plaine des Jarres et le confluent, à peu près à la même distance de Vientiane que de Pak Sane.

Le Nam Nhiep est séparé du Nam Sane à l'E par le contrefort du P'ou Sao, dont le sommet est à 2.590 m d'altitude ; une importante dépression de ce contrefort située vers la cote 430 permet de se rendre de la région de Tha Vieng sur le Nam Nhiep à Tha Thom sur le Nam Sane ; elle est utilisée par la route locale n° 4 qui, venant de la plaine des Jarres, passe à Xieng Khouang (km 29) et doit aboutir à Pak Sane. C'est au km 86 (alt. 335 m) de cette route, non empierrée et au tracé parfois défectueux, que part, sur la rive droite du Nam Nhiep, la piste muletière permettant de se rendre, après 21 km de parcours facile sur la rive droite du Nam Theng, puis du Nam

1. Note présentée à la séance du 20 janvier 1947.

11 février 1948.

Bull. Soc. Géol. Fr. (5), XVII. — 11

Thong — dont il sera bientôt question — au campement principal de la mine ou Campement de Nam Thong, situé à 1.080 m d'altitude dans le cirque supérieur du torrent du même nom (fig. 1).

Le Nam Thong est un petit torrent qui prend sa source dans l'arête orientale du P'ou Bia entre la barre du P'a Sieng Thong — qui fait

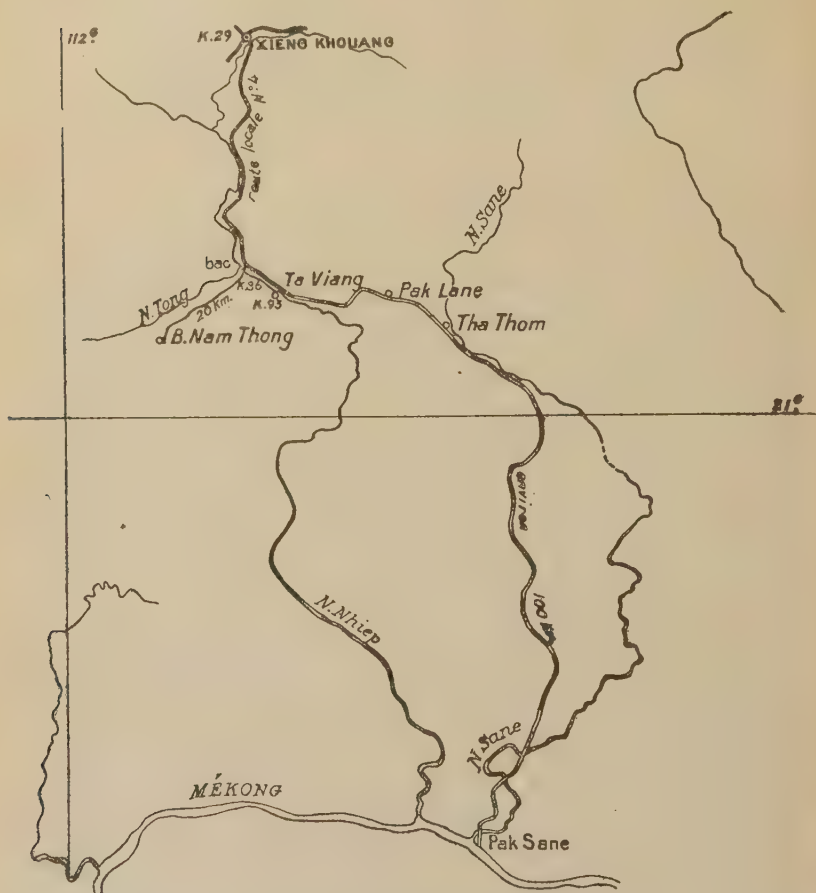


FIG. 1. — Croquis de situation. Échelle 1/1.000.000 env.

partie de la ceinture calcaire entourant cette montagne de l'E à l'W en passant par le S — et les contreforts occidentaux du P'ou P'a Pet (1.777 m d'altitude), lequel constitue la terminaison E de l'arête précitée.

Le Nam Thong n'a guère plus de 5 km de longueur, il se jette vers 750 m d'altitude dans le Nam Theng, affluent du Nam Nhiep, descendant du sommet du P'ou Bia, dont il limite au N l'arête sud-

orientale. C'est sur le versant S de cette vallée et le versant E de celle du Nam Thong que circule le sentier accédant à la région prospectée, dont il a été question ci-dessus.

Au N du cirque du Nam Thong, deux petits cols situés à 1.100 m d'altitude, le col Noé à l'W et le col de Thong Khao à l'E, placés sur les 2 bords opposés d'une doline séparant le P'a Sieng Thong du P'ou P'a Pet, mettent ce cirque en relation avec le Nam Om dont la vallée supérieure occupe l'emplacement mamelonné et aujourd'hui couvert de prairies, de marécages et de rizières où se trouvent quelques villages de Thai P'ouone. Ce centre, siège d'un Tasseng (Chef de canton) est situé à 6 km environ du Campement principal de Nam Thong. Les autres centres sont beaucoup plus éloignés, Tha Vieng par exemple est à 27 km à l'E et les agglomérations Méo de la bordure SW du P'ou Bia sont à plus d'une journée de marche.

Les vallées du Nam Thong et du Nam Theng sont presque entièrement dépourvues de ressources alimentaires. Partout, sauf dans la vallée inférieure du Nam Theng — où une plaine étroite de rizières nourrit trois petits villages de Thai P'ouone — la forêt tropicale règne en maîtresse ; forêt impénétrable de bambous, de grands arbres, de lianes, de fougères arborescentes et de palmiers dont le plus fréquent et le plus beau est le *Phoenix Robini*, bien connu dans les serres d'Europe où il a été introduit par l'Allemand Robin. Ce palmier constitue une ressource alimentaire précieuse dans ce désert sylvestre. Seules les taches jaunes de quelques petites et misérables agglomérations Méo, ou bien encore celles du vert plus clair de leurs rizières rompent la monotonie de ce paysage qui, ailleurs, dans le cirque supérieur du Nam Thong, — agrémenté des pics rocheux et des murailles sombres des escarpements calcaires du P'a Sieng Thong — et, dans la vallée inférieure du Nam Theng — que surmontent les à-pic du P'ou P'a Pet, — prend un caractère sinistre et sauvage qui n'est pas sans beauté sous la calvitie majestueuse de la coupole dorée du P'ou Bia.

Les jours de pluie, quand le sommet du P'ou Bia est encapuchonné et que les nuages remontent sans cesse du fond de la vallée, l'influence du paysage est si forte qu'elle a fait dire à un médecin, né pourtant dans un paysage non moins grandiose, celui des Sept Laux, « qu'il ne comprenait pas qu'un Européen puisse passer plusieurs mois dans ces lieux. »

La région minéralisée en cuivre est actuellement reconnue à la bordure occidentale et méridionale du P'ou P'a Pet, sur plus de 3 km vers l'E à partir de la doline qui sépare cette montagne du P'a Sieng Thong.

II. — APÉRÇU D'ENSEMBLE

SUR LA STRUCTURE GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION.

Le Tràninh appartient à la bordure N plissée d'un vieux môle que les premiers géologues appelèrent môle Cambodge-Bornéo et que, pour être plus précis et aussi par comparaison avec d'autres môles asiatiques, beaucoup plus étendus d'ailleurs et qui sont recouverts de dépôts de même âge et de même nature que lui (Gondwana et Angara), j'ai désigné sous le nom d'*Indosinia*.

La partie centrale de l'Indosinia est recouverte par des sédiments continentaux avec ou sans intercalations marines dont la succession discontinue à la base et au sommet, s'étend, par ailleurs, sans hiatus, du Westphalien au Trias supérieur.

Au-dessous, vient un bâti ancien dont le Namurien est le terme le plus élevé. Les termes supérieurs de ce bâti, plissés et souvent refoulés vers le centre du môle en forment sa bordure. Les termes inférieurs appartiennent à plusieurs édifices anté-hercyniens qu'il n'est pas possible de séparer.

Les séries sédimentaires de l'Indosinia ont pu être datées avec précision grâce à la découverte de fossiles dont beaucoup sont caractéristiques des formations européennes ou asiatiques.

Des épanchements de roches acides et basiques, allant d'une rhyolite potassique à un basalte riche en olivine, s'intercalent à certains niveaux dans les sédiments continentaux.

L'édifice et surtout ses bordures ont encore été consolidés par des intrusions massives ou filoniennes allant de roches très acides à des roches ultra-basiques (granites riches en quartz et en mica blanc, granites alcalins, granodiorites, diorites, gabbros et pyroxénolites).

Enfin des microgranites et des rhyolites, en tous points semblables à des roches d'épanchement, constituent la carapace de coupoles granitiques dont la consolidation s'est opérée près de la surface. En Indochine, ces roches ont généralement été regardées jusqu'à présent comme des roches de coulée ; au Tràninh, le massif du P'ou San, situé au NW de la plaine de Ban Ban, est un bel exemple de ce cas.

Les roches éruptives dont il s'agit ici sont toutes hercyniennes ou plus récentes. D'une manière assez générale, les granites se placent vers la fin des plissements hercyniens (Moscovien inférieur) ; les roches intrusives basiques ou neutres sont en général plus récentes, mais antérieures au Trias moyen, de même que

les roches de coulées autres que les basaltes qui sont coénozoïques et récents.

Au point de vue structural, on distingue au Trầnnh (planche) deux édifices superposés : l'un carbonifère, c'est l'édifice hercynien, l'autre d'âge néotriasique, c'est l'édifice indosinien ; au-dessous quelques éléments d'un édifice plus ancien, calédonien, d'âge silurien, se voient au N du Trầnnh, tandis qu'au-dessus s'observent quelques contre-coups des mouvements himalayens ; au Trầnnh, le fossé de Ban Ban en est le principal exemple.

Les plis hercyniens sont dans l'ensemble dirigés NW-SE au Trầnnh alors que, plus à l'W, entre le Nam Ngum et le Siam, leur direction est NNE-SSW. Entre ces deux directions qui se réunissent suivant une ligne de rebroussement N-S que l'on suit très bien du Trầnnh à la frontière de la Chine au N de Lai-Chau, des mouvements principalement néotriasiques et aussi himalayens ont refoulé vers le S la bordure méridionale du Trầnnh produisant une série d'écailles imbriquées et de décrochements dans l'édifice hercynien et dans les sédiments triasiques qui se trouvent ainsi chevauchés par des éléments de cet édifice.

Les gisements de cuivre du Nam Thong sont situés sur les versants W et S du P'ou P'a Pet dans la zone des refoulements avec décrochements du bord S du Trầnnh.

Aux sources du Nam Thong, la masse calcaire du P'a Sieng Thong est séparée des granites du P'ou P'a Pet par une série de dislocations orientées sensiblement N-S, lesquelles décrochent les granites précités qui sont poussés plus loin, à l'E vers le S, en dessinant une virgation, relativement libre à son aile gauche où elle glisse le long du fossé triasique du Nam Niép et des granites du P'ou Sao, et forcée à son aile droite et à son avant contre la masse granitique profonde du P'ou Thinh par-dessus les sédiments paléozoïques et triasiques du bassin supérieur du Nam Om ; parmi ceux-ci se trouvent des calcaires appartenant au prolongement oriental du P'a Sieng Thong revenus en surface. D'autres lambeaux de ces calcaires couronnent la partie E de la crête du P'ou P'a Pet et ses contre-forts, ou bien encore sont conservés à la faveur des failles de décrochements sur le flanc S-W de cette montagne.

La carte (fig. 9) et les coupes ci-jointes (fig. 2, 3, 4) donnent un aperçu de cette structure dont les détails, étant donnée la végétation qui recouvre la région, ne pourront être fournis que progressivement à la faveur du développement des travaux de

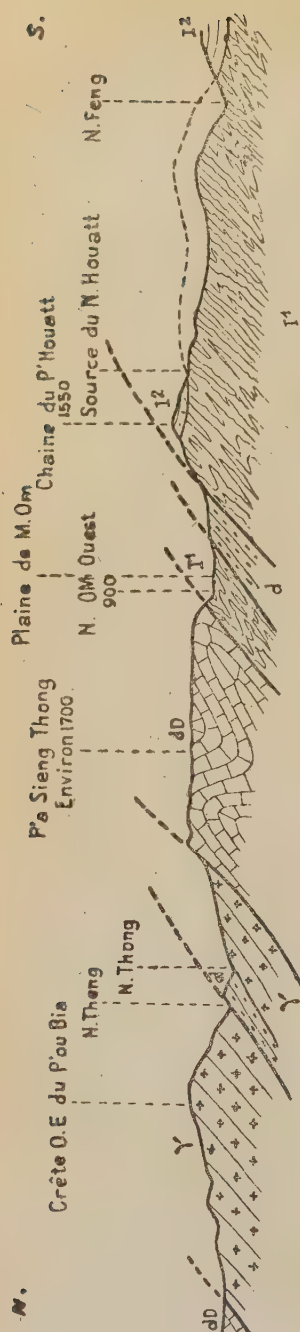


FIG. 2. — Coupe de la terminaison S du Tránninh passant par l'extrémité E du P'a Sieng Thong.

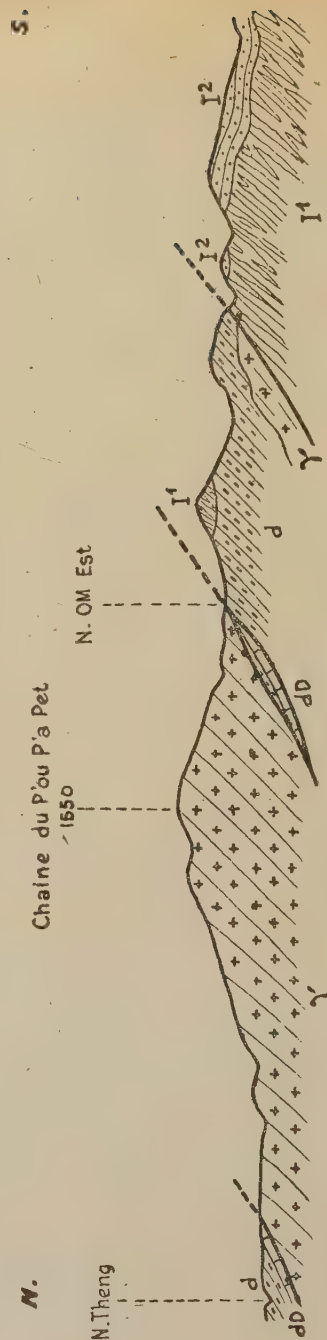


FIG. 3. — Coupe de la terminaison S du Tránninh passant par l'extrémité W du P'ou P'a Pet.

Légende : γ. Granite plus ou moins écrasé ; d. Dévonien grés-schisteux ; dD. Calcaires dévoniens ou dinantiens non séparés avec rares intercalations schisteuses ; I'. Série grés-schisteuse violette (Carbonifère supérieur à Carnien) (Indosinias inférieures) I'. Terrain rouge norien (Indosinias moyennes) ; / Contact anormal.

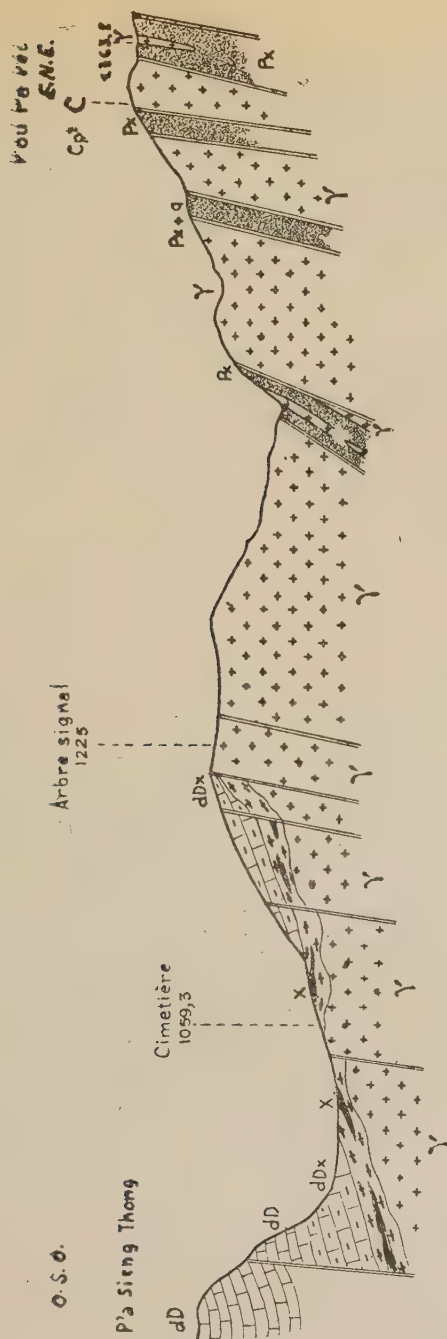
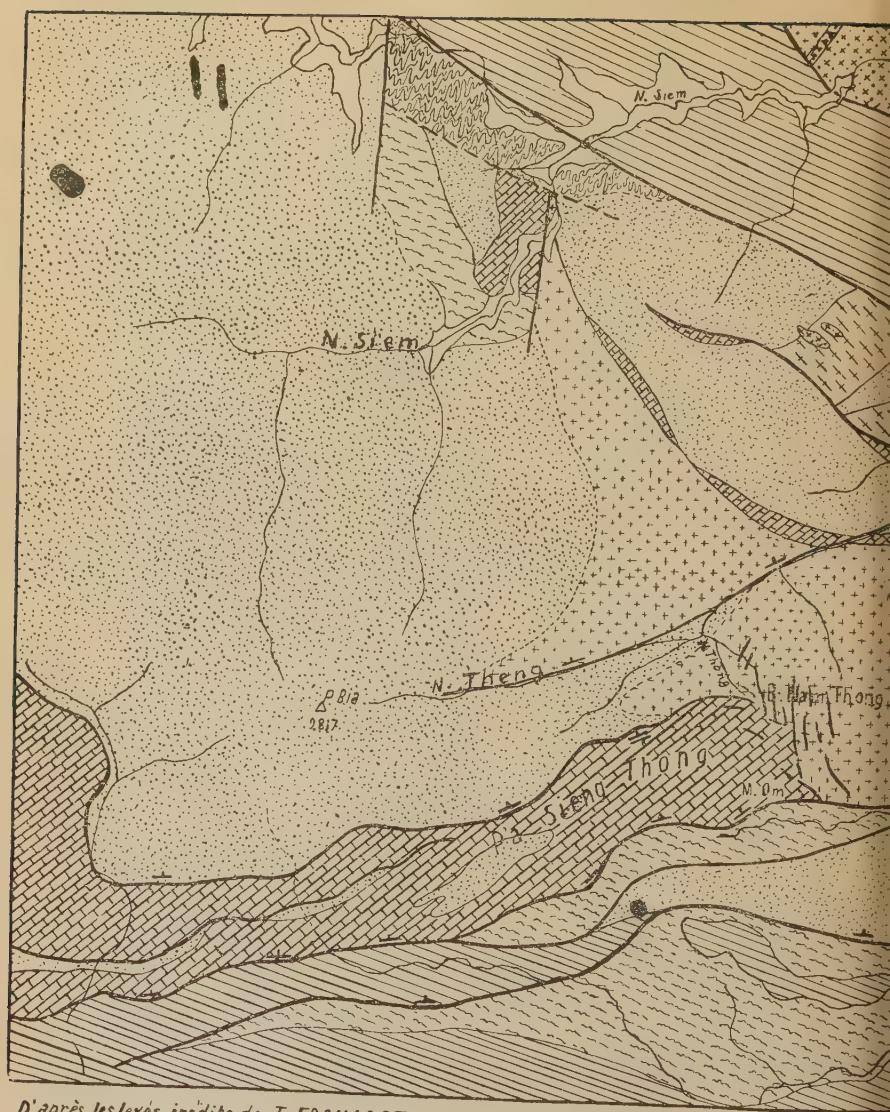


FIG. 4. — Coupe du contact du décrochement du P'ou P'a Pet le long du P'a Sieng Thong.

Légende : γ . Granite stannifère ou non ; P. Pyroxénolite avec ou sans cipolin, plus grenatite et quartz filonien, etc., avec minéraux ; q. Quartz filonien avec grenatite ; x. Grenatite avec ou sans cornéenne de base et intercalations de minerais sulfurés ; d D. Cipolin avec intercalations de grenatites et minerais sulfurés ; d D*. Calcaires dévoniens et dinantiens non séparés, peu ou pas métamorphisés // Faille de décrochement.



D'après les levés inédits de J. FROMAGET

Carte géologique au 1 : 20



LEGENDE



Granites.



Rhyolites.



Roches basiques autre que les basaltes.



Basaltes.



Gneiss, micaschistes



Amphibolites et pyroxénites.



Alluvions récentes



Terrain rouge norien (Indosinias moyennes)



Série gréso-schisteuse Anthracothique et Triasique (Indosinias inférieures).



Dévonien et Carbonifère inférieur calcaire non séparés.



Dévonien schisto-gréseux avec un peu de Silurien.



Silurien(?) Schistes lustrés.



Contact anormal

bordure sud du Tránninh.

recherches. Ce sont les premiers détails de cette structure qui seront donnés plus loin.

III. — ÉTUDE GÉOLOGIQUE DES GISEMENTS.

Bien que la région minéralisée paraisse devoir se prolonger sur une dizaine de km à l'E, à partir du cirque des sources du Nam Thong, elle n'est actuellement connue que sur une distance de 3,5 km, sur laquelle 2,5 km ont fait l'objet de travaux et recherches d'une certaine importance.

Pour la commodité de la description qui va suivre, l'ensemble des gisements prospectés a été divisé d'W en E en trois secteurs inégaux qui portent les noms de : Groupe Lao Sang, Groupe Fernande et Groupe Jacques, paraissant correspondre chacun à un type un peu particulier de minéralisation.

A l'exception du Groupe Lao Sang, des unités plus petites ont pu être, en outre, établies dans chaque groupe, elles sont désignées par des chiffres romains.

1° *Gisements du Groupe Lao Sang.* — La figure 5 donne une coupe transversale de ce gisement.

La partie occidentale de ce groupe n'a pu être étudiée, on n'y connaît encore que des granites sur lesquels vient mourir à l'W un assez épais chapeau de fer.

Dans leur ensemble ces gisements, bien que présentant une disposition synclinale, correspondent à une voûte effondrée par des failles entre deux masses granitiques.

A la clé de voûte affleure, à la base W des formations cuprifères, un granite porphyroïde, très acide, avec quartz, orthose, oligoclase, mica blanc peu commun et quelques petits cristaux de cassitérite. Cette roche, dont la structure est à tendance pegmatitique, est légèrement brisée et ses fines cassures sont remplies d'épidote.

Immédiatement au-dessus *du granite* se voient de petites masses de magnétite légèrement cuprifères, irrégulièrement distribuées ; le plus souvent au contact même du granite se trouve une roche écrasée et partiellement recristallisée, à grains de quartz de toutes dimensions et dont les vides sont remplis par de l'épidote provenant de l'altération des feldspaths, ainsi qu'on peut s'en rendre compte à la présence de nombreux petits fragments de ce minéral non encore transformés. La mylonitisation et la recristallisation de ce granite traduisent : d'une part, des mouvements de glissement des masses supérieures sur le granite et, d'autre part, des actions minéralisatrices postérieures à ces mouvements.

Plus haut, viennent des grenatites, quelquefois fissurées, mais jamais écrasées. Dans ces roches, les grenats sous forme de grandes plages ou de beaux dodécaèdres présentent, moins souvent cependant qu'on serait porté à le croire, des anomalies optiques qui, néanmoins, traduisent bien leur origine calcaire. Par ailleurs, ces grenatites sont rarement homogènes, elles contiennent souvent d'autres minéraux qui finissent par prédominer et même remplacer complètement le grenat; c'est le cas de l'augite en particulier. On passe ainsi d'une grenatite à une grenatite à augite, puis à une augite à grenat et même à une véritable pyroxénolyte, c'est-à-dire à une roche filonienne. D'ailleurs, la transformation ne s'arrête pas là, l'augite elle-même est remplacée en tout ou en partie par de la magnétite qui n'envahit cependant jamais complètement la roche. En outre, des fissures recoupant à la



FIG. 5. — Coupe des gisements du groupe Lao Sang.

Légende : γ . Granite ; 1. Magnétite et quartzite à épidote ; 2. Pyroxénolites ; 3. Grenatites ; 4. Limonite (chapeau de fer) ; FF // Faille ; / Faille probable.

fois grenat, augite et magnétite sont remplies de chalcosine. Enfin, en quelques points, magnétite et chalcosine sont presque entièrement remplacées par de la chalcopyrite.

Trois échantillons de ces ségrégations de chalcopyrite plus ou moins oxydée ont donné à l'analyse les résultats suivants :

	1	2	3
SiO ²	8.01	14.52	5.84
Al ² O ³	16.10	2.9	0
FeO.....	11.32	18.26	10.55
Fe ² O ³	26.49	10.77	25.46
CaO.....	3.1	12.2	3.6
MgO.....	0	0	0
S.....	10.24	16.46	9.70
As.....	non dosé	1.25	non dosé
Cu.....	24.43	18.72	38.61
Sn.....	0.50	0.47	0.32

desquels on peut dégager 1° l'existence de silicates résiduels (grenat, pyroxènes) dans des proportions variant avec les échantillons. 2° la présence de minerais de cuivre : chalcosine (en 1 seulement), chalcopyrite et oxyde de cuivre (cuprite) dans les 3 échantillons et peut-être celle d'un peu de malachite en 2. 3° la présence d'une certaine quantité de limonite.

En un autre point près du granite, on observe encore des roches très oxydées, riches en limonite et aussi en malachite. Un échantillon examiné au microscope montre du fer spongieux entourant de la malachite qui constitue en d'autres points un véritable réseau autour de lui. Le fond de cette roche est constitué par des fibres entrelacées d'actinote plus ou moins altérée, englobant des grains de grenat (almandin) nombreux et de diverses dimensions.

Par ailleurs, des cassures recoupant la grenatite sont occupées soit par de la serpentine (chrysotile) cuprifère dont les fibres très courtes sont disposées normalement aux parois de la roche, soit par des oxydes de cuivre.

A l'W de la voûte granitique, viennent sur la rive droite du Nam Ya, des grenatites homogènes, moins épaisses, sans qu'il soit possible d'observer leur contact avec la roche éruptive. Un peu plus à l'W encore, vient une pyroxénolite à augite avec barytine secondaire et imprégnations de magnétite.

En bien des points, la magnétite est elle-même remplacée partiellement par des sulfures de cuivre s'altérant en malachite.

2° Gisements du groupe Fernande. — Ce groupe comprend 5 divisions, désignées par des chiffres romains.

Fernande I a été reconnu en plusieurs points répartis le long de l'arête du Pic Sinistre ; ses gisements se raccordent au NE à *Fernande II* dans les pentes abruptes de la Barre du P'i Kong Koi qui dominant à l'E le Campement A.

L'homogénéité de ces gisements qui, sur plus de 700 m de longueur, se présentent tous de la même façon, sous la forme de grenatites en couches (?) amygdalaires plus ou moins épaisses intercalées dans des calcaires cipolins, en facilite considérablement l'étude.

La zone de contact de ces gisements avec les granites n'est malheureusement pas bien connue dans le détail. Tout ce que l'on en sait, c'est qu'elle suit le Nam Thong Noi entre le cirque du Campement A et un point situé au S du Campement B.

La coupe relevée au col de la Découverte perpendiculairement à la direction générale des calcaires (fig. 6), complétée par les

observations faites dans les principaux gisements de l'arête du Pic Sinistre fournit les renseignements suivants :

Au N, les granites qui ont métamorphisé les calcaires du gisement du col de la Découverte, ainsi que toute l'arête du pic Sinistre, sont en général des granites à tendance pegmatitique, souvent alcalins, avec orthose abondante et peu de plagioclase ; celui-ci est de l'oligoclase ou de l'albite de substitution ; le mica, jamais abondant, est la muscovite et plus rarement la biotite verte ; les minéraux accessoires y sont plus ou moins fréquents, ce sont, en général, l'apatite en longues et fines baguettes, le zircon, le sphène, plus rare, la magnétite et très rarement l'actinote.

Près de sa bordure, le granite passe souvent à un microgranite

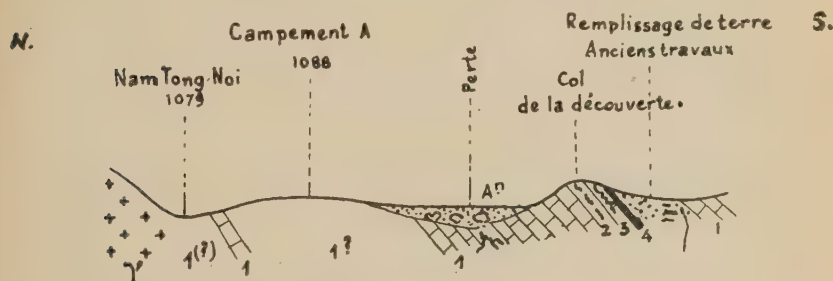


Fig. 6. — Coupe au droit du gisement du col de la Découverte.

Légende : γ . Granite ; 1. Calcaire avec ou sans grenatite ; 2. Grenatite ; 3. Grenatite à augite ; 4. Passage à pyroxénolite avec filon de quartz ; I. Zones masquées par les éboulis des pentes et la terre végétale, certainement granites ou calcaires avec ou sans grenatites ; A°. Aven rempli de blocs calcaires descendus du pic Sinistre et de la barre du P'i Kong Koi.

plus ou moins déformé par écrasement. Le fond de cette roche est constitué par un feldspath presque entièrement damouritisé sur lequel se détachent des phénocristaux de quartz de dimensions variées, à contours irréguliers et souvent corrodés ; d'autres phénocristaux sont constitués par de l'orthose et du microcline déformé avec un peu de biotite altérée. Une tourmaline bleue en petits grains se voit dans quelques échantillons.

Ces granites sont souvent injectés de micropegmatite.

Près du contact de Fernande II, les écrasements sont beaucoup plus intenses. Un échantillon à l'aspect microgranitique montre un fond cristallin damouritisé, mais où le mica blanc forme en outre des traînées et des queues plus denses autour des grains et des phénocristaux de quartz, souvent nourris, qui ne sont autres que des phénoclastes ; du feldspath résiduel s'observe au milieu des paillettes de damourite. Dans d'autres échantillons les écrasements sont encore plus intenses. On a affaire dans ce cas à de véritables mylonites schisteuses dans

lesquelles le feldspath est entièrement réduit en damourite et où le quartz forme une bouillie plus ou moins fine où la sérícite et le mica blanc soulignent des plans de laminage.

Dans toutes ces roches, la cassitérite en petits cristaux est souvent présente.

En s'éloignant vers le N, c'est-à-dire à l'intérieur du massif granitique on observe le passage à des granites à biotite et amphibole, moins alcalins, avec orthose et oligoclase montrant souvent les mâcles de Carlsbad et de l'albite; la biotite est moins abondante que la hornblende d'un vert clair. Parmi les minéraux accessoires on y remarque de l'apatite en grains et en longues baguettes, du zircon et de l'épidote provenant de l'altération de quelques feldspaths.

Revenant vers le S, les calcaires qui s'observent à une petite distance du contact granitique — près duquel on connaît sporadiquement des roches très altérées, des grenatites en particulier, avec chalcopryrite — sont de beaux cipolins d'un gris clair, constitués par des cristaux de calcite moyens et bien calibrés, avec, tantôt de la phlogopite, tantôt de la wollastonite et même du pyroxène, toujours en petites lamelles ou en petits cristaux.

On observe assez souvent au microscope, le passage de la grenatite au cipolin. Le contact se fait suivant une ligne sinueuse le long de laquelle les cristaux de calcite sont plus petits et où le grenat grossulaire présente des bords plus foncés.

Dans un cas, à l'intérieur de la grenatite, près du contact et parallèlement à lui, une bande de forme irrégulière était constituée par de petits cristaux d'augite et par de l'idocrase.

Dans un autre cas, la calcite du cipolin est bien cristallisée et assez bien calibrée; dans la zone plus minéralisée, elle est déchiquetée, beaucoup moins nette, et contient de petits cristaux d'augite incolore, puis, progressivement, elle est envahie par des grenats qui ne présentent que de très rares anomalies optiques. En quelques points, des cristaux d'idocrase, irréguliers de formes et de dimensions, occupent la place des grenats.

Au col même de la Découverte, des cipolins à wollastonite inclinés à 60° vers le S se placent près du contact des grenatites qui se poursuivent ensuite au S sur 8 m d'épaisseur; plus loin, la coupe est masquée par une poche de terre sur près de 20 m, au delà de laquelle les cipolins reprennent.

Sur les six premiers mètres de cette coupe, la roche montre de nombreuses petites poches de dissolution remplies par une matière pulvérulente, spongieuse par endroits, brune, contenant du fer, avec un peu de manganèse et de cuivre. Vue au microscope, cette matière se présente comme un produit d'altération de la magnétite et contient quelques cristaux d'augite; les grenatites de cette partie de la coupe sont entièrement constituées par des grenats présentant quelques anomalies optiques, entre lesquels se voient un peu de magnétite, de la chalcosine altérée en covelline et surtout de la malachite.

Ensuite, le grenat, brun très clair, en plages ou en cristaux, ne présentant pas toujours des anomalies optiques est associé à des cristaux d'augite groupés ou non, possédant chacun une orientation propre, caractère qui indique bien que cette augite est de remplacement. L'idocrase n'est pas rare dans ces roches qui, par ailleurs, contiennent parfois un peu de quartz filonien en remplissage de vides, ainsi que des imprégnations de minerais : magnétite plus ou moins altérée en limonite, chalcopryrite, chalcosine altérée en covelline, bornite, malachite, azurite ; partout ces minerais sont postérieurs à l'augite.

La coupe se poursuit par 1 m environ d'une grenatite rouillée, plus ou moins scoriacée, très riche en augite. Au microscope, on constate que le grenat y présente exceptionnellement des contours géométriques et des anomalies optiques ; l'augite en assez grands cristaux y remplace progressivement le grenat. Toute la roche est parcourue par un réseau de fines cassures irrégulières, remplies de chalcosine s'altérant en malachite, qui traversent grenats et augites ; du quartz filonien mâclé remplit quelques vides.

La coupe se continue sur 1 m encore par une roche un peu plus sombre et plus rouillée qui est une bordure de filon avec quartz et augite. Le passage se fait progressivement par diminution du grenat, qui ne présente plus d'anomalies optiques, augmentation de l'augite et remplissage de quartz et surtout de chalcosine avec covelline s'altérant en malachite ; la chalcosine remplit aussi d'étroites cassures traversant à la fois grenat et augite.

Brusquement, la roche passe à du quartz filonien très riche en cristaux moyens d'augite et ne contenant plus de grenat. Les minerais sont rares dans cette partie de la coupe, qui se termine par 50 cm d'un minerai très altéré constitué par de la limonite spongieuse, provenant de la décomposition de la magnétite, de la chalcosine altérée en covelline, en malachite et en oxyde de cuivre, enfin, de l'augite résiduelle.

Plus à l'W, au col Bien, les calcaires et grenatites découpés à l'E et à l'W par de petites failles de décrochement injectées de chalcosine avec chalcopryrite ne sont plus inclinés que de 30 à 35° au S, alors qu'un peu plus au N, dans les recherches entreprises dans les abrupts de la face W du pic Sinistre, le pendage est voisin de 70°.

Dans ce dernier point, la grenatite est assez souvent remplacée par une pyroxénolite formée de petits cristaux d'augite avec très rares grenats ferrugineux, laquelle passe progressivement par imprégnations à de la magnétite avec chalcopryrite, chalcosine et covelline s'altérant en malachite et azurite.

Voici maintenant trois analyses chimiques correspondant à une grenatite pauvre en Cu (129/1940), à une augitite à grenat mélanite très altérée et riche en Cu (1/Zp R-2) et à une limonite cuprifère (14/1) provenant d'une roche très riche en magnétite avec sulfures de Cu presque entièrement oxydés.

	129/1940	1/Zp R-2	14/1
SiO ²	34.0 %	18.0 %	8.3 %
Al ² O ³	6.1	5.7	5.9
FeO	»	0.4	0.71
Fe ² O ³	24.0	7.0	43.98
MgO	0.7	4.7	non dosé
CaO	33.6	10.0	traces
S	0.04	0.28	0.6
Cu	1.0	25.5	12.4
Sn	non dosé	traces	néant
Ni	traces	néant	néant

Une coupe relevée à la base de *Fernande II* (fig. 7), sur 30 m de longueur d'W en E, normalement à la limite de ce gisement avec *Fernande I* a donné les résultats suivants :

Granite ayant souvent l'aspect d'un microgranite recristallisé et formé de grains irréguliers de quartz se détachant, avec de l'orthose déformé et de l'oligoclase parfois cerclée d'albite, sur un fond feldspathique damouritisé ; des débris de quartz cataclastique recristallisé entourent les cristaux.

La roche contient en outre un peu de micropegmatite de néoformation, de petites lamelles de mica blanc, du zircon, de l'apatite et quelques cristaux brisés de cassitérite ; en un point s'y intercale, sur une très petite épaisseur, une grenatite constituée par de gros cristaux



FIG. 7. — Coupe à la base de *Fernande II*.

Légende : 1. Granite écrasé ; 2. Grenatite ; 3. Quartz filonien ; 4. Pyroxénolite ; 5. Pyrrhotine avec chalcosine ; 6. Chapeau de fer (limonite) ; // FF. Contact anormal.

d'almandin et imprégnée de cubes de pyrite et de quartz filonien. Aucun des éléments de cette roche n'est écrasé.

Plus loin, vient sur 11 m environ une zone très minéralisée commençant par 1,5 m de grenatite presque entièrement imprégnée de magnétite et recoupée par du quartz filonien. Plus loin, encore, la coupe traverse sur 2,8 m une pyroxénolite à petits cristaux d'augite englobant quelques rares cristaux d'almandin, souvent imprégnée par de la magnétite, de la pyrrhotine, de la pyrite ou de la chalcoppyrite. Ces minerais finissent par constituer toute la roche.

Puis vient, sur 1,5 m de la pyrrhotine avec nids de chalcosine. Cette formation est recoupée par la cascade du Nam Thong Noi. Un filon

de quartz de 2 m de largeur, contenant de rares grains de topaze, sépare cette pyrrhotine d'un granite écrasé avec quartz cataclastique et feldspaths complètement décomposés ou damouritisés. A 12 m du contact granitique reparaît une grenatite avec pyrrhotine et magnétite, presque aussitôt masquée par un chapeau de fer, dans lequel se voient, à quelques mètres au-dessus, des blocs de pyrite, englobant un peu de pyrrhotine altérée partiellement en limonite.

Un décapage fait au N et au-dessus de la coupe qui précède n'a recoupé que des formations très décomposées parmi lesquelles on peut distinguer avec des parties argileuses de petits filons de chalcoppyrite, de la limonite riche en longues inclusions de fines aiguilles vertes de malachite disposées en faisceaux ou contenant encore de nombreux grenats mélanite, du quartz et des produits micacés, des grenatites formées par l'association de gros dodécaèdres de grenat almandin avec limonite et inclusions de quartz, de véritables pyroxénolites constituées par de grands et longs cristaux d'augite alignés dans le sens de leur allongement et envahies en grandes parties par de la pyrrhotine avec chalcoppyrite, sur le fond desquelles se détachent de petites baguettes d'augite et des rosettes d'actinote.

A 150 m au-dessus, le granite situé au N du contact du chapeau de fer de ce gisement est à grands éléments, orthose et oligoclase très altérés, rares micas noirs en courtes lamelles et en rosettes souvent incluses dans les feldspaths.

Plus au S on parvient au col Noé, au gisement *Fernande III*.

Là, affleurent 9 m de grenatites dirigées au NW et pendant de 35° environ au SW ; vers l'W, elles prennent cette dernière direction en même temps que le pendage diminue un peu, ainsi que leur épaisseur qui ne dépasse guère 6 m ; elles reposent alors ou passent par le bas à des cornéennes à pyroxène.

Vers l'E, à 50 m environ du col, le passage d'un accident N-S fait apparaître quelques barres de calcaires cipolin inférieurs aux grenatites dont de petits témoins se voient plus loin dans la terre végétale, jusqu'au près du col de Thong Khao, où un autre accident N-S les fait buter contre les granites de ce col.

Le gisement du col de Thong Khao ou *Fernande IV* se trouve entre ce col et l'abrupt calcaire qui le domine à 50 m au S. Les éboulements se produisant constamment au-dessus des anciens travaux qui existent en ce point n'ont pas permis de faire une coupe précise entre la barre calcaire et les granites du col.

On sait seulement qu'il y a là quelques grenatites au-dessous des calcaires et que le reste du gisement est constitué par des granites et surtout par des microgranites dans lesquels se voient de nombreux filonnets de quartz, des roches à grenat et des roches vertes avec minerais ou des minerais altérés, ainsi que des cheminées minéralisées.

Les grenatites recueillies en place à une dizaine de mètres au-dessous et au N des calcaires sont constituées par un assemblage de grains assez irréguliers de grenat almandin (?) ; du quartz et de la magnétite décomposée partiellement en limonite occupent les vides de cette roche.

Ces grenatites paraissent être traversées par une pyroxénolite formée par un agrégat de cristaux bien calibrés d'augite vert clair non pléochroïque.

Quelques mètres plus au S, affleurent des microgranites de bordure et de la micropegmatite avec épidote provenant de l'altération de feldspaths ; ces roches sont suivies par 4,5 m de formations rubéfiées dans lesquelles on peut reconnaître du quartz filonien imprégné de limonite et une épidotite dont les vides sont comblés par du quartz.

Un peu à l'W de ce point, une poche creusée dans les anciens travaux montre du N au S un granite injecté de micropegmatite avec un peu de biotite verte et d'épidote altérant les feldspaths. Cette roche est séparée d'une grenatite formée de grenats almandin, avec quartz dans les vides, par une zone décomposée constituée principalement par de la limonite enrobant, suivant les points, des cristaux plus ou moins nombreux et plus ou moins grands d'augite ainsi que de l'épidote en baguettes et en cristaux trapus.

Quelques mètres plus au S une tranchée E-W, creusée sur 21 m de longueur à la limite méridionale des anciens travaux, se tient constamment dans des granites presque entièrement envahis par une micropegmatite et ne contenant, outre le quartz et le feldspath, que très peu de biotite et quelquefois un peu d'épidote. Ces roches sont traversées par des filons et filonnets de roches et de minerais très décomposés. Le plus occidental d'entre eux a 0,4 m de largeur, c'est une pyroxénolite constituée par un assemblage grenu de cristaux d'augite légèrement pléochroïque dans les verts et les bruns très clairs, et contenant, de plus, quelques cristaux d'épidote. Les autres filonnets sont presque entièrement constitués par de la limonite au milieu de laquelle se voient quelques cristaux d'augite ; l'un d'eux, qui a près de 2 m de largeur, est carrié, spongieux, riche en quartz ; ses cavités sont remplies de limonite pulvérulente cuprifère avec micropegmatite résiduelle.

A un peu plus de 150 m au NE du col de Thong Khao, des formations minéralisées en cuivre, qui prolongent probablement sur la rive droite du Nam Sion celles dont il vient d'être question, sont constituées au contact du granite par des roches pourries avec augite et épidote.

Fernande V correspond à une zone dont on ne connaît que le chapeau de limonite pulvérulente.

3° *Gisements du groupe Jacques*. — Les quatre divisions que comprend pour le moment le groupe Jacques sont toutes situées sur la face S du P'ou P'a Pet, en pleine région granitique. Appa-

remment, le seul témoin calcaire de la région se trouve sur le Nam P'ia à 560 m au S de Jacques IV et à plus de 1.100 m à l'E du col de Thong Khao. Ces quatre gisements sont disposés dans des bandes dirigées en général grossièrement N-S qui sont ou paraissent être limitées à l'E et à l'W par des failles de décrochement ; dans bien des cas, les miroirs de friction qui les accompagnent, en nombre souvent important, accusent bien leur présence et le sens des déplacements.

Tous les granites de cette région possèdent les mêmes caractères que ceux situés plus à l'W ; ce sont des granites assez alcalins, avec très peu de micas et presque toujours injectés de micropegmatite. Souvent le plagioclase est albitisé ou cerclé d'albite. En certains points s'y intercalent des microgranites à quartz corrodés et fond cryptocristallin piqueté de paillettes de muscovite. Ces roches contiennent parfois de la cassitérite. Ces granites ne sont en général que peu ou pas écrasés, il semble, lorsqu'ils le sont, que leurs écrasements soient dus à des phénomènes de décrochement.

Cependant, en plus des déformations dont j'ai constaté la présence au contact des granites dans certains gisements, j'ai observé des écrasements au sein même des granites, au-dessus de 1.250 m d'altitude, dans la partie orientale de ce groupe.

Le premier gisement en partant de l'W, *Jacques IV* (O bis-14 bis), est le plus récemment découvert. Il affleure au milieu du granite sur le flanc droit d'un petit torrent, le Nam Ngoeun, sous la forme d'intrusions parallèles et hachées sur plus de 30 m de puissance totale par des failles de décrochement à surfaces de friction presque verticales, pendant vers l'W et dirigées à l'WN-NW avec une forte inclinaison à l'W. Ces failles font apparaître le granite à deux reprises entre leurs deux épontes extrêmes.

La coupe transversale de ce gisement est la suivante d'E en W sur 35 m de distance verticale (fig. 8).

Partie de la Coupe à l'E du Ngoeun.

Granite du type précédemment décrit, très peu déformé.

E. — 3 m 00. Pyroxénolite formée par un assemblage grenu d'augite, avec, en remplissage de quelques vides, un peu de quartz et de la limonite provenant de l'altération de la magnétite.

D. — 2 m 00. Grenatite écrasée. Entre les grenats almandins brisés se voient de grandes lamelles fibreuses de mica blanc,

tordues et froissées, de petites cassures sont remplies de quartz. De la calcite résiduelle trahit bien encore par sa répartition et ses extinctions roulantes l'intensité des phénomènes d'écrasement. De la pyrite souvent altérée en limonite occupe quelques cassures.

C. — 0 m 12. Grenatite écrasée voisine de la précédente, mais passant à une grenatite à augite. Le grenat est de la mélanite d'un jaune verdâtre et l'augite est en petits cristaux. Le remplissage des vides est fait par de la magnétite altérée en limonite et contenant des ségrégations de covelline et de bornite.

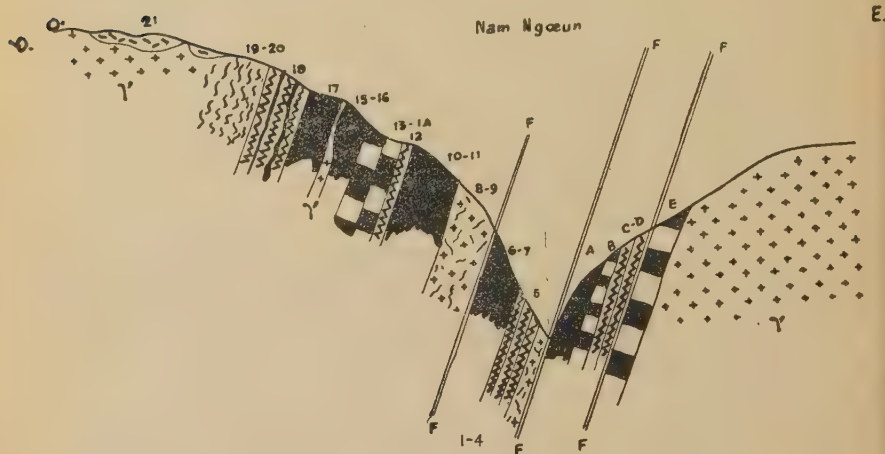


FIG. 8. — Coupe du gisement O bis-14 bis.

Légende: γ , Granite; E, B, 13-14, Pyroxénolite; A, 6-7, 10-11, 15-16-17, Pyroxénolite à analcime; C-D, 5, 12, 18, Grenatites; 1-4, 8-9, Granites très écrasés; 19-20, Épidotite; 21, Limonite; FF, Principales surfaces de friction.

B. — 2 m 00. Pyroxénolite. Association grenue d'augite ouralitisée, dont les vides sont remplis par de la magnétite altérée en limonite, larges imprégnations de pyrite, de chalcoppyrite et de mispickel dans l'augite.

A. — 3 m 00. Pyroxénolite à augite. Dans cette roche semblable à la précédente, les vides sont remplis par du quartz, de la calcite et surtout par de l'analcime présentant de fines stries qui se croisent à angles droits ou à 60 et 120°. Cette roche contient en outre un peu de blende et des imprégnations de mispickel.

Partie de la Coupe à l'W du Nam Ngœun.

1 à 4 — 1 m 50. Granite écrasé, dont les éléments brisés sont de toutes dimensions, les quartz recristallisés montrent néanmoins

des extinctions roulantes ; mica noir presque entièrement décomposé.

Une étroite intrusion de pyroxénolite, ainsi qu'un petit filon de quartz à analcime et augite altérée par endroits en épidote recoupent ce granite. Ce filon est riche en imprégnations de minerais, blende, cobaltine (?), chalcosine, malachite et magnétite altérée en limonite.

5 — 2 m 00. Grenatite à augite ; grandes plages de grossulaires et petits cristaux d'augite souvent isolés.

6 et 7 — 2 m 50. Pyroxénolite à analcime, constituée par un assemblage grenu d'augite verdâtre en cristaux bien calibrés dont les vides sont remplis par de l'analcime. Imprégnations de blende avec moins de pyrite et de chalcopyrite.

8 et 9 — 3 m 50. Granite écrasé à structure pegmatitique. Cette roche présente de beaux phénomènes d'écrasements avec plans de laminages argileux et micacés, cristaux de quartz et de feldspath brisés et à extinctions roulantes.

10 et 11 — 3 m 00. Pyroxénolite à augite contenant de nombreux grains ou de petits cristaux d'analcime sur le premier mètre. Plus loin, l'augite en longs cristaux mâclés présente soit une structure grenue, soit une structure ophitique, sans grenat. Partout les vides de la roche sont remplis de quartz filonien, de calcite ou de limonite ; imprégnations de blende et de mispickel (?).

12 — 1 m. Grenatite très décomposée dans laquelle le grenat mélanite a été remplacé par de l'augite en petits cristaux, elle-même remplacée par de la biotite paraissant avoir été remplacée à son tour par de la magnétite qui occupe de même que ce mica l'intérieur du grenat.

Un autre échantillon provenant du même point est une belle pyroxénolite ophitique avec analcime et imprégnations de cobaltine et de magnétite s'altérant en limonite.

13 et 14 — 2 m 50. Pyroxénolite constituée par un assemblage assez confus de longs cristaux d'augite décomposée avec imprégnations de mispickel.

15 et 16 — 2 m 00. Pyroxénolite présentant une altération en boules avec minéralisation plus intense dans les croûtes altérées de ces boules qui correspondent aussi à des injections de quartz filonien. La roche intacte est constituée par de l'augite en association grenue ou ophitique avec ou sans grenats et analcime ; les vides sont remplis de quartz, de magnétite et plus rarement de calcite ; du granite résiduel écrasé et recristallisé avec quartz, feldspath alcalin abondant et mica brun se voit à la partie supérieure de cette pyroxénolite dont, par ailleurs, les parties les plus altérées contiennent des imprégnations de blende, pyrite et chalcopyrite.

17 — 2 m 00. Pyroxénolite avec ou sans analcime constituée par une association de cristaux d'augite tantôt courts, trapus et petits, tantôt longs et épais. Cette roche souvent imbibée de quartz est alors riche en minerais : blende, chalcoppyrite, bornite, cobaltine et mispickel ; dans quelques cas l'épidote y remplace l'augite.

18 — 3 m 00. Grenatite. Octaèdres de grenats mélanite assemblés ou non et emballés dans de la magnétite en grande partie altérée en limonite. Par endroits, cette roche est injectée par une pyroxénolite dans laquelle se voient quelques grenats sans anomalies optiques. Vers le haut, on constate le passage progressif à une épidotite qui se suit ensuite en 19 et 20 sur plus de 2 m 00.

Un peu plus haut, un granite très altéré affleure en quelques points sur les pentes de la forêt.

Le gisement *Jacques III* se trouve dans une zone très disloquée d'une trentaine de mètres de largeur formant une bande dirigée NE coincée dans le granite.

Les écrasements se suivent assez loin vers l'E dans le granite, c'est ainsi qu'un échantillon recueilli à plus de 10 m du contact avec la zone minéralisée en présente encore de belles traces avec quartz et feldspath brisés et plans de laminage remplis d'une bouillie de quartz avec séricite.

Dans la zone même se voient de véritables mylonites formées d'une fine bouillie schisto-ferrugineuse contenant des quartz brisés, de la chlorite et des cubes de pyrite se décomposant en limonite.

Immédiatement à l'W de cette mylonite, le granite est très altéré ; les feldspaths sont ou bien entièrement damouritisés ou bien chloritisés ; on n'y distingue plus guère qu'un assemblage de grains de quartz nourris, de biotite chloritisée et de chlorite en rosettes ainsi que quelques produits d'altération.

A l'W, le granite passe à une roche verdâtre qui est un chloritoschiste constitué par des rosettes de chlorite décomposée sur un fond de chalcoppyrite avec pyrite se transformant en limonite ;

Ensuite, dans la même direction viennent sous un chapeau de fer des masses de grenatites formées par l'association de mélanite ne présentant pas toujours des anomalies optiques et contenant de la calcite résiduelle et aussi de néoformation. La roche est imprégnée de pyrrhotine avec pyrite et chalcosine s'altérant en covelline et malachite.

A l'E du granite mylonitisé, une galerie de recherches pénètre d'abord dans du quartz filonien avec chlorite en houppes et en rosettes, se trouvant également en inclusions dans le quartz, et imprégnations de pyrite avec chalcoppyrite, covelline et bornite.

Un peu plus loin vient, sur une courte distance, une brèche de grenatite avec mélanite, épidote, andalousite et rares zircons, passant à

une épidotite imprégnée de magnétite, pyrite, chalcopryrite et mispickel avec filonnets de calcite.

Par ailleurs, on n'observe guère que des chloritoschistes avec quartz et épidote. La chlorite en rosettes paraît souvent provenir de l'altération de l'épidote.

Les parties inférieure et supérieure de Jacques III sont entièrement recouvertes par un chapeau de fer ; limonite pulvérulente, et surtout cohérente, mais spongieuse.

A 30 m au-dessus de la galerie précédente, des chloritoschistes affleurant dans le thalweg du Nam Kham indiquent soit le passage d'une nouvelle zone minéralisée, soit une dépendance de Jacques III.

Ces chloritoschistes, en effet, qui contiennent quelques cristaux de grenat et de plus rares zircons, sont presque entièrement constitués par de la pyrite avec un peu de mispickel.

Jacques II est encore peu connu. Ce gisement se présente comme un dyke de roche verte entièrement décomposée en limonite en surface.

Un décapage et deux galeries percées au même niveau et en prolongement l'une de l'autre le traversent. Le décapage effectué sur 3 à 4 m d'épaisseur ne donne que de la limonite et de l'épidote.

La galerie W qui venait d'être commencée en juin 1944 traversa d'abord de la limonite avec épidote et 2 m plus loin, de la pyrrhotine recoupée de cassures avec pyrite.

La galerie E traversa d'abord une épidotite à grenat ne montrant pas d'anomalies optiques et dont l'épidote se transforma un peu plus loin en chlorite. Puis vers 6 m de profondeur, se montra une pyroxénolite à augite et analcime. Cette roche constituée par un assemblage de petits cristaux d'augite contient un peu de verre, du grenat, de l'analcime, de la pyrite et de l'idocrase.

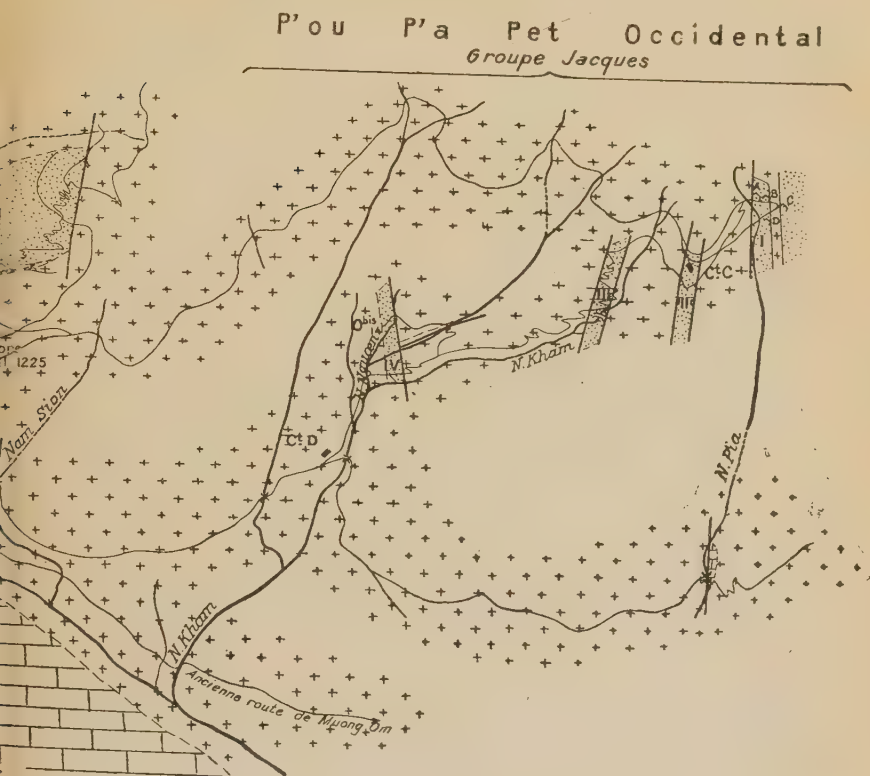
Non loin du Campement C, la pyroxénolite s'enrichit en grenats et contient par endroits un pyroxène rhombique, de la hornblende et quelques remplissages de blende.

Jacques I est actuellement connu sur environ 40 m de hauteur. C'est un gisement qui forme une sorte d'écaille ou mieux d'amygdale coincée dans le granite ; à l'W, il est limité par une cassure qui se suit bien sur toute sa hauteur. A l'E, une masse très importante de fer avec grenatite, insuffisamment prospectée encore, paraît le prolonger dans cette direction.

A son point le plus bas auprès et à l'intérieur d'une galerie de recherches (D), les observations qui ont été faites, sont les suivantes : vers 1.320 m d'altitude, un peu à l'W du thalweg du Nam P'ia, à l'E duquel s'ouvre la galerie précitée, affleure une sorte de greisen constitué par une association grenue de quartz, séparés par des zones de très

Ensuite, vient une grenatite progressivement envahie par de l'augite en petits cristaux. Cette roche très brisée est parcourue par quelques filonnets de calcite.

En continuant vers l'E, on arrive à une masse de pyrrhotine avec mispickel, imprégnant une actinolite dont les lamelles d'actinote sont



et du P'ou P'a Pet occidental.

és en Su ; 2 : *id.*, avec minéralisation encore peu connue ; 3 : chapeaux de Fe et isés en carbonates et sulfures ; cornéennes ; 5 : calcaires cipolins.

souvent épigénisées en longues aiguilles d'épidote enchevêtrées ou formant des sphérolithes.

On arrive ainsi à l'entrée de la galerie précitée où affleure d'abord une roche très écrasée, sorte de mylonite avec quartz spongieux de néoformation englobant des grenats en phénoclastes et en tout petits grains passant à une fine purée.

Contre cette roche vient immédiatement une serpentine à épidote imprégnée de pyrite avec mispickel, de pyrrhotine et de chalc-

pyrite ; après quoi on observe la succession suivante du S au N (fig. 10).

A 3 m de profondeur, quartzite à épidote dans lequel le quartz est granulitique et l'épidote forme des faisceaux d'aiguilles lardées de quartz, ou remplit quelques vides ; rares petits cristaux d'apatite.

A 3 m 10. — Grenatite dont les grenats, ne présentant qu'exceptionnellement des anomalies optiques, sont lardés de petits cristaux d'augite garnissant en outre les vides de la roche. Par ailleurs, cette roche est traversée par des filonnets de calcite.

De 3 m 20 à 3 m 70. — Cipolin passant à une grenatite.

De 3 m 70 à 4 m 10. — Chloritoschiste écrasé avec quartz et épidote. Des phénoclastes de quartz brisés sont séparés par de la chlorite en rosettes et de l'épidote. Cette roche qui donne l'impression d'un granite très écrasé, puis transformé par actions hydrothermales, est par-

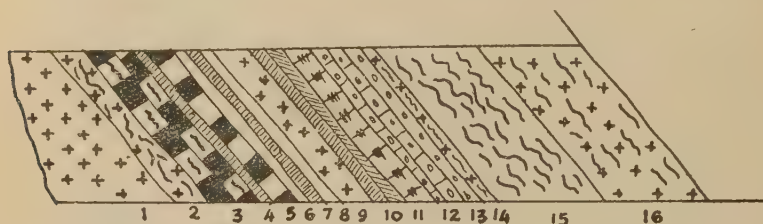


FIG. 10. — Coupe dans l'axe de la Galerie D (R. G. du N. Pia).

Légende : 1. Granite ; 2. Actinolite ; 3. Pyroxénolite avec chlorite ; 4. Chloritoschiste ; 5. Pyroxénolite ; 6. Marbre ; 7. Chloritoschiste avec minerais ; 8. Cipolin à Wollastonite ; 9. Granite chloritisé ; 10. Chloritoschiste avec chalcoppyrite ; 11. Chloritoschiste à minerais et épidote ; 12. Cipolin ; 13. Grenatite ; 14. Quartzite (?) à épidote et apatite ; 15. Serpentine avec minerais ; 16. Mylonite granitique.

fois presque entièrement imprégnée par de la pyrite, de la pyrrhotine et de la chalcoppyrite.

De 4 m 10 à 4 m 50. — Chloritoschiste à épidote envahi par de la chalcoppyrite englobant de la pyrite, de la magnétite et du mispickel (?).

De 4 m 50 à 5 m 00. — Granite normal passant à un microgranite de bordure. Dans cette roche les micas noirs sont chloritisés et les feldspaths se décomposent en épidote et rosettes de chlorite. Cette roche passe à une épidotite très riche en rosettes de chlorite avec zircons et imprégnations de pyrite.

De 5 m à 5 m 20. — Cipolin à wollastonite constitué par de grandes plages de calcite sur lesquelles se détachent de petites lamelles de wollastonite et un peu de chlorite. En certains points, des grenats arrivent à occuper les 2/3 de la roche, les plus gros paraissent contenir de la calcite résiduelle.

De 5 m 20 à 5 m 40. — Chloritoschiste laminé dans lequel la chlorite avec un peu d'épidote moule de gros cristaux brisés de calcite. La

séricite jalonne les plans d'écrasement. Les minerais, pyrite et oxydes ferrugineux transformés en limonite ont également été entraînés dans les mouvements.

De 5 m 40 à 5 m 50. — Marbre relativement peu métamorphisé paraissant provenir d'un calcaire à Bryozoaires.

De 5 m 50 à 5 m. 80. — Pyroxénolite à augite avec remplissage de chlorite en très petites rosettes, paraissant traverser un cipolin dont les cristaux de calcite sont associés comme poecilitiquement avec un minéral transparent, incolore et non réfringent.

De 5 m 80 à 6 m 00. — Chloritoschiste laminé, avec un peu de phlogopite et de séricite dans les plans de laminage. La pyrite contenue dans cette roche a été entraînée dans les mouvements.

De 6 m 00 à 6 m 50. — Pyroxénolite avec remplissage de chlorite en rosettes.

De 6 m 50 à 7 m 00. — Actinolite formée par de l'actinote en rosettes et en fibres. Les minerais de cette roche ont été complètement transformés en limonite.

Au delà de 7 m 00, vient un granite peu écrasé à grands éléments, riches en orthose et contenant très peu de mica noir.

Un peu plus haut, à l'W du thalweg du Nam P'ia affleurent des granites très écrasés, passant à de véritables mylonites. Ces roches limitent à l'W la faille de décrochement qui recoupe et termine dans cette direction et à une trentaine de mètres plus haut le gisement Jacques I. A l'E de cette cassure, le gisement est constitué par des roches vertes à épidote qui sont parfois très cuprifères.

Dans la partie supérieure de ce gisement, un décapage et trois galeries ont permis d'obtenir les renseignements suivants, d'W en E :

Entre les deux thalwegs qui forment les sources du Nam P'ia, vers la cote 1360, affleure une bande subverticale de roches très minéralisées en pyrrhotine, pyrite et chalcoppyrite. Cette bande qui est limitée à l'W par l'accident dont il a été question ci-dessus vient se terminer en biseau un peu à l'W de la branche orientale du Nam P'ia ; plus à l'E, après un court affleurement granitique, elle est suivie par une autre bande de fer et grenatite beaucoup plus importante. D'W en E deux galeries A et B ont été percées dans la première bande alors que la galerie C a été ouverte dans la seconde.

Le granite limite au N, à l'W et à l'E ces roches minéralisées. Au S celles-ci paraissent également s'enfoncer sous des granites.

Les granites, situés à 5 m à l'W de l'accident qui limite la bande minéralisée en cuivre, sont à grands éléments, les feldspaths entourent le quartz et sont généralement très damouritisés ; le mica, de la biotite, y est peu abondant.

Dans la galerie A, ces granites viennent buter à l'W contre une roche pyriteuse broyée suivant une surface presque verticale. Les phénomènes

d'écrasement se suivent transversalement sur toute la largeur de la galerie. On peut observer ainsi tous les passages d'un granite légèrement écrasé à une mylonite : ici c'est une brèche à fond poussiéreux englobant de nombreux petits grains de quartz de toutes formes ; là c'est une mylonite granitique dont les phénoclastes de quartz et de feldspath sont noyés dans un ciment quartzoschisteux formé de tous les éléments du granite ; en quelques points, la structure du granite est encore plus visible, on remarque alors sur un fond de petits grains de quartz recristallisé des phénoclastes de quartz brisés et de feldspaths généralement broyés et transformés en épidote ; ailleurs, dans la zone limite de la faille, le ciment de la mylonite est seul visible au milieu de la pyrite.

La coupe (fig. 11) relevée quelques mètres plus à l'E dans la galerie B du N au S, à partir des granites situés au contact de la zone pyriteuse montre :

Granites du fond : roches à grands éléments dont les feldspaths presque tous alcalins entourent le quartz. La roche très altérée a ses

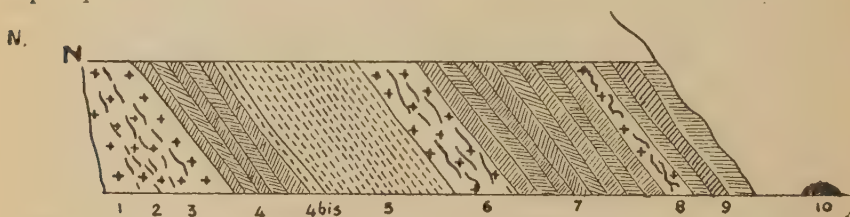


FIG. 11. — Coupe dans l'axe de la Galerie B (R. G. du N. Pia).

Légende : 1. Granite partiellement chloritisé ; 2. Granite mylonitisé ; 3. Granite écrasé et très chloritisé ; 4. Chalcopyrite avec pyrite ; 4 bis. Chloritoschiste avec chalcopyrite ; 5. Chloritoschiste à idocrase et sphère ; 6. Granite très chloritisé ; 7. Chloritoschiste à grenats envahi par de la pyrite et des sulfures de cuivre ; 8. Microgranite avec grenats, pyroxène et pyrite ; 9. Chalcopyrite avec chlorite ; 10. Pyroxénolite à analcime.

feldspaths en grande partie damouritisés ou transformés en épidote, s'épigénisant elle-même en rosettes de chlorite. Cette roche passe à un microgranite à quartz nourris et corrodés et mica noir.

Puis vient un granite écrasé dans lequel on ne distingue plus que de gros phénoclastes de quartz sur un fond décomposé et réduit en bouillie ou en petits grains sur lequel se détachent quelques débris de zircon. On arrive ainsi à une roche verdâtre constituée par du quartz microgranitique nourri, spongieux ou non, sur un fond de rosettes de chlorite plus ou moins abondantes. Un peu de feldspath et quelques fines aiguilles d'épidote sont en inclusion dans le quartz.

Enfin viennent 8 m de couches très minéralisées qui se suivent jusqu'à l'entrée de la galerie dans l'ordre suivant :

- De 0 m à 1 m 20. Chalcopyrite avec un peu de pyrite,
- De 1 m 20 à 1 m 35. Chloritoschiste imprégné de pyrite avec chalcopyrite. La chlorite est en houppes et en rosettes au milieu des minerais ou constitue toute la roche ; quelques remplissages de quartz et de calcite.
- De 1 m 35 à 3 m 50. Chloritoschiste semblable au précédent, mais sans quartz et calcite et avec quelques cristaux d'idocrase et de sphène.
- De 3 m 50 à 4 m 50. Granite dont tous les éléments autres que le quartz sont remplacés par de la chlorite.
- De 4 m 50 à 6 m 80. Pyrite avec covelline et chalcopyrite ; remplissage de chlorite en rosettes, plus rarement de calcite suivant les points ; quelques cristaux de grenat ou d'idocrase sont inclus dans la chlorite.
- De 6 m 80 à 7 m 20. Microgranite avec peu de mica noir, beaucoup de grenat almandin brun rouge, un pyroxène rhombique largement imprégné de pyrite. Cette roche, qui présente beaucoup d'analogie avec les microgranites qui affleurent au fond de la galerie, représente un résidu de la roche primitive emballé dans la roche minéralisée.
- De 7 m 20 à 8 m 00. Chalcopyrite dont les nombreux vides sont remplis par du quartz et des rosettes de chlorite.

Immédiatement au S de cette zone, le décapage qui a précédé l'ouverture de la galerie a mis au jour un petit pointement de pyroxénolite avec épidote et analcime.

Un peu plus loin à l'E dans le thalweg du Nam P'ia, le granite au contact de la zone minéralisée est à grands éléments et mica noir. Dans un échantillon on observe la transformation progressive des feldspaths, en particulier des plagioclases, en épidote ; certains feldspaths sont à peine transformés alors que d'autres le sont complètement. Des micas noirs formant des rosettes proviennent également de la transformation de feldspaths et d'autres de l'épidote. Dans un autre échantillon, les feldspaths sont presque tous transformés en épidote ; la chlorite en houppes et rosettes remplace le mica noir et commence à épigéniser l'épidote. Les quartz sont nourris.

Dans la masse ferrugineuse située à l'E du gisement précédent, laquelle est traversée sur 8 m 00 par la galerie C, on observe au delà du chapeau de limonite entre 1 m 90 et 2 m 80 de profondeur, à l'E : des microgranites écrasés à mica noir, et plus loin des chloritochistes formés par un assemblage de houppes et de rosettes de chlorite et de mica noir chloritisé. Suivant certains plans d'écrasement se voient des débris de quartz cataclastiques. Cette roche pourrait être un granite écrasé dont certains de ses éléments auraient été transformés par actions hydrothermales.

Entre temps, se montrent d'étroites intercalations de grenatites et de cipolins. Les grenatites sont constituées par un grenat incolore sans anomalies optiques et par de nombreux cristaux d'épidote paraissant

provenir de l'altération du grenat. De longues fibres verdâtres d'actinote entourent les minéraux précédents. Enfin, la roche est imprégnée de pyrite oxydée avec chalcopyrite.

Le cipolin dont quelques témoins sont inclus dans la grenatite qui précède est presque entièrement chloritisé.

Le gisement se poursuit plus haut sur les pentes granitiques abruptes qui dominent les galeries B et C, mais on n'y connaît encore que quelques chloritoschistes plus ou moins minéralisés avec épidote.

IV. — CONSIDÉRATIONS SUR LA GENÈSE DES GISEMENTS.

A première vue les trois groupes de gisements dont il est question dans cette note apparaissent avec des caractères différents qui leur sont propres.

Ceux du groupe *Lao Sang* sont essentiellement constitués par des masses épaisses de grenatite au contact direct du granite.

Ceux du groupe *Fernande* sont en grande partie intercalés dans des calcaires au contact des granites.

Ceux du groupe *Jacques* sont en relation avec des roches éruptives : imprégnations ou ségrégations basiques dans les granites.

Vues de plus près, les différences qui séparent ces gisements ne sont pas aussi considérables.

Les grenatites du groupe *Lao Sang* sont généralement constituées par du grenat calcique provenant de toute évidence du métamorphisme de calcaires, tout comme les grenatites intercalées dans les calcaires du groupe *Fernande*. La seule différence en l'espèce repose sur une question de volume, encore que celle-ci soit très relative ; en effet les épaisses intercalations de grenatites du col de la Découverte et du col Noé peuvent être comparées à ce point de vue aux masses de grenatites du groupe *Lao Sang*.

Le seul gisement du groupe *Fernande* qui ne paraît pas se comporter comme les autres, *Fernande II*, où ne se montre pas de calcaire, n'est cependant pas étranger à la règle. On a vu, en effet, dans le chapitre précédent que dans ce gisement les grenatites à mélanite présentant souvent de belles anomalies optiques n'y faisaient pas défaut ; en un point d'ailleurs, un peu de cipolin à pyroxène passant à une grenatite forme dans cette roche une très étroite intercalation résiduelle. Il n'y a donc encore là qu'une question de volume et surtout d'apparence.

Dans tous les cas, les gisements des groupes *Lao Sang* et *Fernande* sont au contact du granite ; ce sont donc bien des gîtes

de contact, cependant ils présentent d'autres caractères qui montrent que leur minéralisation en cuivre n'est pas seulement due au métamorphisme ; elle n'en dépend pas immédiatement comme on va le voir bientôt.

Postérieurement à la formation des grenatites, lesquelles sont bien dues au métamorphisme des calcaires lors de la mise en place des granites, des intrusions de pyroxénolites paraissent avoir modifié les grenatites dont les grenats se sont localement et progressivement épigénisés en augite, en même temps que certains d'entre eux se seraient enrichis en fer.

Plus tard, des actions hydrothermales ont, à différentes époques, amené successivement la transformation de l'augite en épidote et en magnétite, et le remplacement de celle-ci par d'autres minerais : blende, pyrite, chalcoppyrite, chalcosine, covelline, bornite dont l'azurite et la malachite de tous nos gisements ne sont que des produits de décomposition à l'air ou tout au moins au-dessus du niveau hydrostatique.

On peut donc avoir, suivant les points, en même temps qu'un gîte de contact des gîtes de substitution et aussi de ségrégation ; aucun de ces types de gisements n'étant exclusif du premier.

A cette minéralisation, vient encore s'ajouter une minéralisation péribatholitique acide très importante qui s'est manifestée d'abord en même temps que la granitisation par d'énormes injections de micropegmatite et plus tard par la formation de cassitérite.

Les gisements du groupe Jacques sont également des gîtes de contact ; les calcaires ou les grenatites n'y font défaut qu'en Jacques II, encore que cette lacune soit certainement due à un défaut d'observation. Ces gisements ne diffèrent en effet en rien des autres, en particulier de Jacques I. La disparition complète des calcaires en surface indique seulement une position de la minéralisation un peu plus profonde. Les grenatites avec mélanite, en effet, y sont connues dans trois gisements ; en un point même, à la partie inférieure de Jacques I, un peu de cipolin passant à une grenatite affleure dans le thalweg du Nam P'ia.

Immédiatement à l'E de ce point, des roches semblables et même un cipolin à wollastonite ont été recoupés en plusieurs points. La présence d'un autre témoin de cipolin a encore été découvert dans le même gisement, dans la galerie C.

Enfin, les granites qui sont connus dans toute la région ne sont pas différents de ceux qui constituent les arêtes de la face occidentale du P'ou P'a Pet (groupes Fernande et Lao Sang) ;

ce sont comme eux des granites acides injectés de micropegmatite et minéralisés en étain.

De ce qui précède, on peut donc conclure que les gisements du groupe Jacques sont bien encore des gisements de contact ; l'absence ou plus exactement la rareté des affleurements calcaires de certaines dimensions traduit seulement l'importance des phénomènes de décrochement et des mouvements verticaux qui en furent la conséquence.

Par ailleurs, ces gisements ne sont pas très dissemblables des autres. Ils sont tous en relation avec des pyroxénolites augitiques, qui ne diffèrent de celles connues plus à l'W que par la présence d'analcime, minéral paraissant indiquer l'origine profonde de ces roches, l'ordre de remplacement des minéraux et minerais les uns par les autres restant le même.

Par contre, ces gisements appartiennent à deux types probablement différents :

1) des gîtes de ségrégation en milieu principalement acide avec Jacques I et Jacques III. En effet, dans ces gisements, les minéraux de la gangue — à l'exception du quartz, — chlorite, actinote et épidote proviennent de l'altération des silicates du granite qu'ils ont remplacés.

2) Des gîtes d'imprégnation ou de ségrégation principalement basiques en relation avec des intrusions de pyroxénolites en Jacques II et Jacques IV.

FAUNE ET MORPHOLOGIE DES ALLUVIONS ANCIENNES DE L'ORNAIN ET DE L'ANTE

PAR **A. Paque** ¹.

La coupe de la gravière de La Neuville-aux-Bois se présente ainsi, de bas en haut :

1° Sur la surface des sables glauconieux cénomaniens reposent des graviers fins, très sableux et des sables gris verts (1 m). Puis viennent des graviers moyens sableux, en lits horizontaux ou entrecroisés, avec des lentilles de sables fins, et des lits d'argiles claires (1 m 20 à 1 m 50). Viennent enfin des gravillons et des sables grossiers à petites dragées de craie, passant localement à un banc de limon blanc.

2° A l'altitude de 177 m, des limons bruns de 0,24 à 0 m 75 d'épaisseur reposent sur les graviers en les ravinant.

L'ensemble des dépôts rappelle par son épaisseur (3 m 50 à 4 m) et par sa disposition, mais avec des éléments beaucoup plus fins, les alluvions fluviales de Vassincourt, dont j'ai donné la coupe descriptive et présenté la faune en 1943 et en 1944 ².

C'est également dans la partie inférieure des dépôts qu'ont été dégagés, à la fin de 1946 : 1° une défense d'*Elephas antiquus*, malheureusement réduite en fragments, 2° des fragments indéterminables de molaires et de défenses mêlés à des Spongiaires, probablement cénomaniens et 3° une molaire d'*Elephas primigenius*, volumineuse, à indice laminaire très bas (8) dégagée à 1 m de la base des graviers, alors que la défense d'*Elephas antiquus* se trouvait à 0 m 40 environ au-dessus du Cénomaniens.

Il semble donc y avoir ici, comme à Vassincourt, faune froide et faune chaude superposées, ou en tout cas faune mixte en place, dans des alluvions fluviales anciennes, à 20 m à peine au-dessus du cours de l'Ante.

Le côté paléontologique du problème sera étudié spécialement par M. R. Vaufray et je me bornerai à présenter quelques remarques d'ordre morphologique.

1. Note présentée à la séance du 3 mars 1947.

2. C. R. Somm. S. G. F., 7 juin 1943 et 7 février 1944.

13 février 1948.

Bull. Soc. Géol. Fr. (5), XVII. — 13

La nappe alluviale de la gravière de La Neuville-aux-Bois s'étend vers le N et son niveau relatif par rapport à l'Ante passe de 20 m à 36 m à 4 km plus en aval, par suite de l'enfoncement rapide de l'Ante. A Sainte-Menehould, au delà du confluent avec l'Aisne, le niveau relatif de la nappe atteint 50 m.

Si l'on observe la nappe alluviale des bords de l'Ornain, les niveaux se révèlent tout aussi variables : 34 m à Vassincourt par rapport à l'Ornain, mais 51 m par rapport à la Saulx, tout aussi rapprochée. C'est que celle-ci affouille activement les argiles et les sables albiens à pendage WSW, digite profondément le plateau, dont la couverture alluviale se désagrège et, remontant son érosion par la vallée de la Beuse, à la faveur de failles et de flexures nombreuses, vient atteindre finalement le rebord S de la colline jurassique où s'adosse Mussey, à quelque 350 m du lit de l'Ornain, esquissant ainsi le dessin d'une capture possible de cette rivière.

Les mêmes faits se retrouvent au N de l'Ornain, où la nappe alluviale, allant de Bussy-la-Côte à Noyers-le-Val aux altitudes déclinantes de 201 à 184 m, passe par les niveaux relatifs suivants : 40 m à Bussy, 41 m à Laimont, 46 m à Brabant-le-Roi ; puis en bordure de la Chée : 31 m à Auzécourt et 42 m à Noyers-le-Val. Même observation pour la rive droite de la Chée : 41 m à Nettancourt et 61 m à Bettancourt-la-Longue, et pour la rive gauche de la Saulx : 44 m à Mogeville et 85 m à Sermaize.

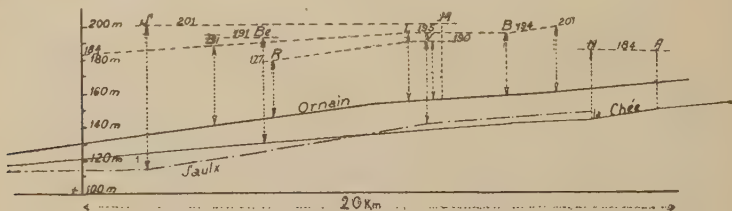


FIG. 1. — Altitudes relatives des alluvions anciennes de l'Ornain et de la Saulx.

Légende : S-M : nappe des alluvions de la rive gauche de la Saulx de Mognéville à Sermaize ;
 Br-B : nappe de la rive droite de l'Ornain de Bussy-la-Côte à Brabant-le-Roi ;
 R-V : nappe de la rive gauche de l'Ornain de Vassincourt à Revigny ;
 N-A : nappe entre Chée et Ornain de Noyers-le-Val à Auzécourt ;
 Be : nappe de la rive droite de la Chée à Bettancourt.

La même nappe, dont l'individualité ne semble plus douteuse, serait donc tyrrhénienne à Vassincourt, milazienne à Bettancourt et sicilienne à Sermaize. La réalité, c'est que la mise en relief de cette nappe résulte de l'action inégale de l'érosion et que ses niveaux sont constamment remis en jeu. Et ceci souligne ce qu'a de conventionnel dans cette région, toute détermination

de l'âge et de la nature des « terrasses » fluviatiles, basée sur des considérations eustatiques.

D'ailleurs M. de Lamothe a de lui-même exclu du domaine eustatique les régions de hautes vallées pour les rattacher à une zone de terrasses anormales et irrégulières ¹.

Quant à la qualification de « climatiques » que M. Tricart ² prête aux terrasses supérieures en ce qu'elles sont constituées surtout de galets plats délités par le gel et accumulés sans éléments fins, il n'en peut être question à Vassincourt et à plus forte raison sur l'Ante, car les dépôts y sont typiquement d'origine fluviatile, avec des graviers de toutes dimensions, et dont l'aplatissement me paraît surtout d'ordre lithologique car ils sont peu différents de ceux de l'Ornain actuel, et l'on y trouve des coraux séquanien usés en boule et des grès néocomiens massifs de forme quelconque.

Et surtout, il s'y ajoute une grande part de graviers menus, des sables grossiers ou fins et des argiles très diverses. Le transport et le dépôt de ces alluvions sont donc l'indication d'une période qui a nécessité un climat très pluvieux, période de décomposition suivie d'un ravinement très important et admettant d'autre part la coexistence d'une faune d'Éléphants chaude et froide, toutes conditions qui sont contradictoires avec le gel prolongé et la sécheresse.

C'est, d'autre part, un fait majeur à ne pas négliger que celui de la superposition des limons aux graviers. A Vassincourt en particulier, les limons constituent une unité lithologique importante. Constitués en trois zones de coloration différente, brune à la base, ocre dans la masse et nettement plus pâle au sommet, les limons surmontent et ravinent les graviers de façon continue.

Par la coupe SE-NW de la grande sablière de Vassincourt, on voit en effet, sur un front de plus de 200 m, à partir de la nouvelle exploitation, les limons épais de 3 m s'amincir à 2 m, sur des graviers très terreux réduits eux-mêmes parfois à moins d'1 m, puis s'épaissir de nouveau à 2 m au détriment des graviers, et reparaitre à 150 m plus à l'W, dans l'angle E de l'ancienne exploitation, en vaste poche de 4 m de puissance, puis s'amincir à 2 m environ pendant 80 m pour augmenter insensiblement jusqu'à l'extrémité des travaux.

D'autre part, l'analyse quantitative des minéraux rares des

1. Considérations théoriques sur la formation des terrasses et leurs relations avec les glaciers, p. 359.

2. C. R. somm. S. G. F., 17 février 1947.

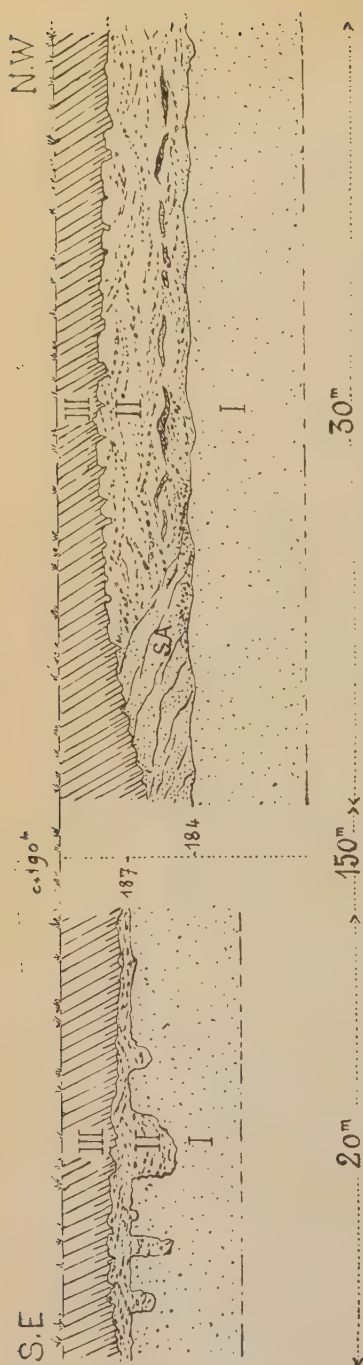


Fig. 2. — Coupe E-W des alluvions anciennes de Vassincourt et de leur substratum.

Légende : I : Sables verts albiens. II : Graviers, sables et argiles (SA Sables argileux). III : Limons des plateaux.

sols des deux rives de l'Ornain et du limon du plateau de Vassincourt faite par M. B. Brajnikov¹ a conduit celui-ci à constater que l'abondance extrême des amphiboles dans la zone intermédiaire marque un accident local de sédimentation qui ne se répercute pas dans le sol lui-même.

« Le limon des plateaux, ajoute M. B. Brajnikov, pourrait faire figure de roche-mère si l'interposition de cet accident n'était en contradiction avec le principe de la conservation sur place. En définitive, il semblerait que les sols sur les deux rives proviennent de l'évolution pédologique d'un certain limon postérieur en âge au limon des plateaux et qui résulterait du remaniement de plusieurs formations géologiques préexistantes. »

Ces considérations évoquent, appuyées par l'importance de la couche des limons en place, une indépendance absolue de formation et d'évolution de ces limons et une longue suite d'épisodes alluviaux et colluviaux très postérieurs à la phase du dépôt des graviers.

M. E. Patte, bien qu'il ait vu à Vassincourt 1 m de terre brune de rubéfaction sur les graviers calcaires², probable-

1. B. S. G. F. (5), XII, p. 287 et sq., 1942.

2. E. PATTE. Le Quaternaire dans la vallée de l'Aisne. *Mém. S. G. F.*, n° 32, 1937, p. 42.

ment dans un niveau érodé vers la cote 185, n'a pu distinguer lithologiquement plusieurs nappes alluviales. Mais M. Gardet¹ a très bien caractérisé, dans la région de l'Ante, l'importance de la masse des argiles sableuses recouvrant le matériel calcaire d'origine jurassique et les masquant le plus souvent.

A la Neuville-aux-Bois, les limons de couleur brune uniforme creusent les graviers de poches très profondes et sont très variables dans leur épaisseur.

Pas plus qu'à Vassincourt je n'ai pu y trouver de trace d'industrie préhistorique, mais à Rémicourt, à 3 km 400 plus au S, on y a dégagé en 1945, à la surface du plateau, vers la cote 173, une « amande » de type acheuléen supérieur ou moustérien.

On est donc amené à attribuer à la superposition des limons aux graviers une date assez reculée, peut-être celle de l'Acheuléen supérieur. C'est une limite très approximative, mais elle a l'intérêt de fixer une antériorité plus éloignée au cycle de dépôts des graviers à faune mixte.

D'autre part, l'Acheuléen final pourrait être l'époque limite où a débuté la phase importante du creusement des vallées actuelles de la région.

M. Gardet¹ pense que ce creusement s'est effectué en deux stadés et que la terrasse « tyrrhénienne » de 30 à 35 de la rive gauche de l'Ornain est l'indice d'un premier écoulement de cette rivière vers la Marne, alors que la nappe de 40-45 de la rive droite serait antérieure au Tyrrhénien et serait orientée vers le NW. Cette distinction, basée sur une différence de niveau de 5 m entre les deux rives et sur le parallélisme entre le cours actuel de l'Ornain, et ses alluvions de rive gauche paraît discutable, car les cotes d'altitudes absolues des dépôts sont, elles aussi, des vestiges de surfaces anciennes érodées, et j'ai donné plus haut les raisons de la dénudation particulièrement avancée du plateau de Vassincourt. Ici encore le morcellement des surfaces en niveaux théoriques semble précaire.

Par ailleurs, l'actualité du creusement des hautes vallées de la région est confirmée par les forages qui rencontrent le substratum presque au niveau du lit des cours d'eau (Nettancourt-Noyers-le-Val, Brabant). Dans la plaine alluviale même de la Chée, comme à Heiltz-le-Maurupt, les sables et graviers n'ont que 5 m 40 d'épaisseur et le même fait s'observe encore plus en aval, à Jussécourt, à Minecourt et à Heiltz-l'Évêque².

1. *Bull. Carte Géol. Fr.*, n° 187, t. XXXIX, 1938, p. 583, et *C. R. somm. S. G. F.*, 18 février 1946.

2. Renseignements puisés dans les minutes de forages que m'a très obligeamment communiquées M. R. SOYER.

Belgrand¹ signale cependant un sondage traversant plus de 100 m de limon blanc sous les graviers de surface de Remenne-court. Si l'on admet le fait, on peut rattacher cet enfoncement local très important au rejeu tardif de la double faille de Sermaize qu'il prolonge.

L'Ornain, par contre, dans le secteur Bussy-Neuville-sur-Orne, semble avoir récemment remblayé son lit. A 1.500 m au N de Mussey, dans un niveau de 3 à 5 m au-dessus de l'étiage, porté à tort sur la carte géologique au 1/80.000^e de Bar-le-Duc comme alluvions anciennes et que M. Gardet a justement supprimé dans son travail de révision, j'ai trouvé une faune que M. Soyer a très aimablement déterminée et qui caractérise une formation fluviatile moderne avec concrétions blanches et vases calcaires que M. Bourcart rapproche de la « falaise » actuelle de la Basse-Seine.

Des problèmes très complexes sont donc posés dans une région très limitée, mais privilégiée en ce sens que, pays de transition dans son sol comme dans son histoire, il s'ouvre sur des horizons différents et participe ainsi d'influences très diverses et très nuancées.

1. Notes sur les terrains quaternaires du bassin de la Seine. *B. S. G. F.* (2), XXI, p. 159, 1864.

LE SYNCLINAL DES VERRIÈRES (JURA) ET LA « COLLAPSE STRUCTURE »

PAR G. Castany ¹.

Le synclinal des Verrières, de forme allongée, s'étend de Saint-Pierre-La-Cluse (près de Pontarlier) jusqu'en Suisse, où il se termine par le crique de Saint-Sulpice.

A la suite des travaux de M. E. Fournier [5], les auteurs contemporains ont admis que le flanc SE du synclinal était déversé vers le NW [15]. Des recherches, entreprises sous la direction de M. Glangeaud, Professeur à la Faculté des Sciences de Besançon, nous ont conduit à y voir une structure plus complexe et une stratigraphie assez différente.

I. — INTERPRÉTATIONS TECTONIQUES DES DIFFÉRENTS AUTEURS.

En 1894, A. Jaccard [12] donne une coupe générale du Larmont passant par les Verrières. Sur cette coupe à grande échelle le synclinal des Verrières est symétrique et peu profond.

En 1904, E. Fournier [5] étudiant le Jura avec plus de précision dresse une coupe détaillée du synclinal des Verrières au voisinage des Gauffres.

Le synclinal y apparaît fortement déversé vers le NW, y compris les couches de tout l'ensemble Portlandien-Kimmeridgien. Son noyau s'enfonce profondément vers le SE sous la masse jurassique des Gauffres. Nous avons signalé plus haut les erreurs stratigraphiques de cette coupe.

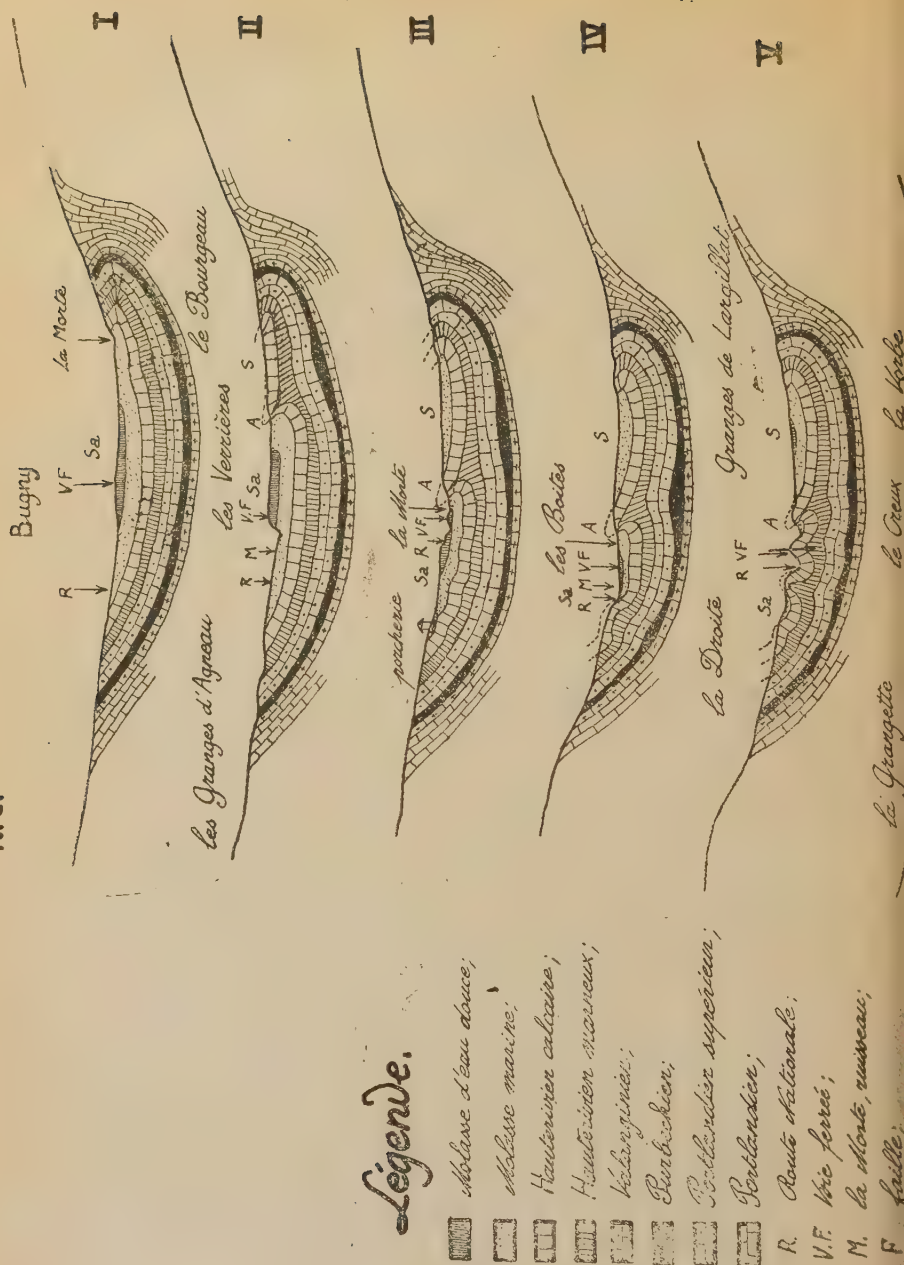
La même interprétation est adoptée en 1910 par Petit-Laurent [18] dans sa thèse sur le Haut-Jura souterrain. Cette coupe est erronée non seulement dans l'interprétation tectonique du synclinal en général, mais aussi dans la structure de détail ; la cuvette est en effet accidentée d'un anticlinal et d'une faille (voir coupe VIII, fig. 1).

Sprecher étudie en 1917 [21] le décrochement de Vallorbe-Pontarlier, et donne une coupe de l'extrémité SW du synclinal des Verrières. On y remarque : la symétrie du synclinal et la pré-

1. Note présentée à la séance du 20 janvier 1947.

S.E.

N.O.



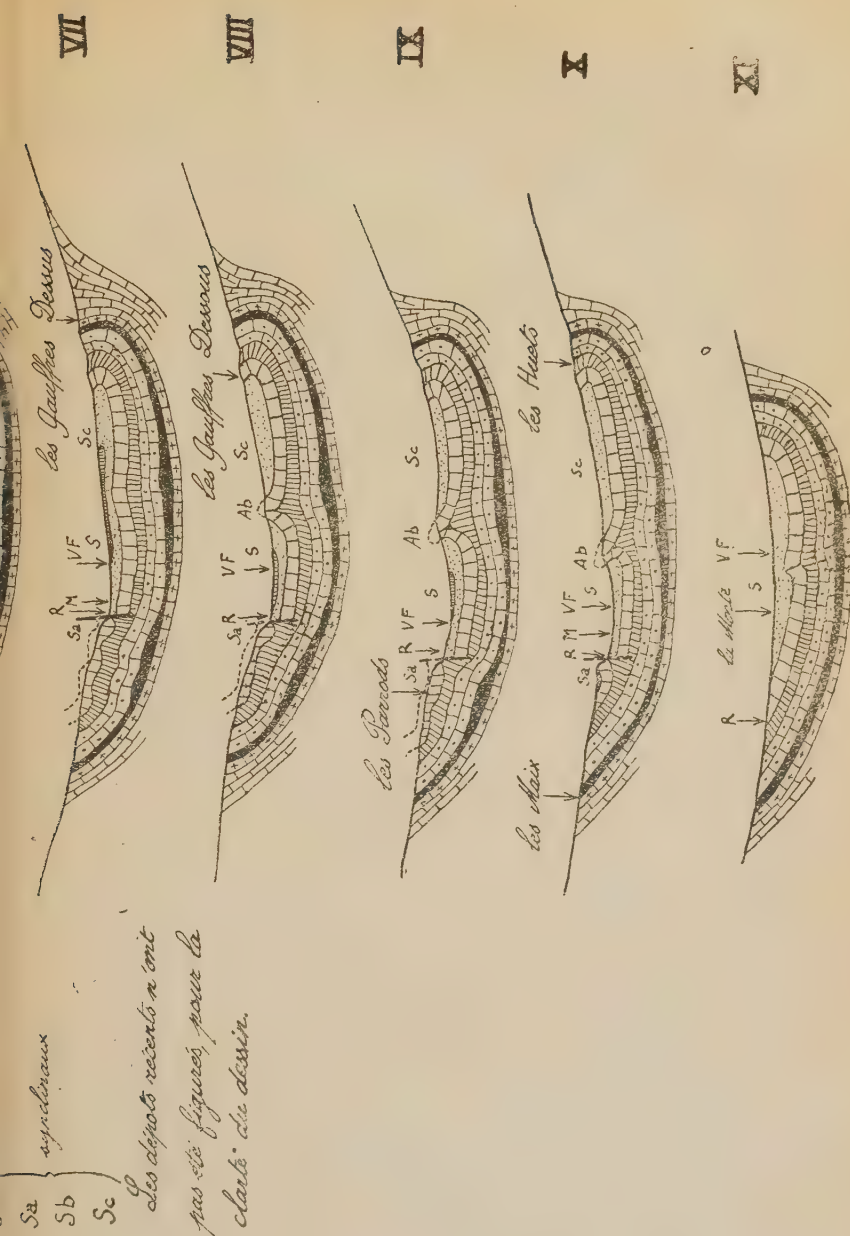


Fig. 1. — Synclinal des Verrières. Coupes transversales.

sence d'une faille sur le flanc SE. Cette faille s'amortit rapidement vers le NE et n'atteint pas notre coupe XI (fig. 1).

Muhlethaler [16] dans sa thèse sur la région des Verrières en 1934, reprenant l'interprétation de Schardt [20] montre que sur le territoire suisse le déversement qui s'amorce aux Verrières de Joux (coupe I et II) s'accroît, pour passer à un *pli-faille*.

II. — OBSERVATIONS PERSONNELLES.

Nous avons montré précédemment qu'au point de vue stratigraphique le synclinal des Verrières intéressait deux séries stratigraphiques qui sont concordantes mais qui diffèrent par leur nature lithologique :

- a) Le Jurassique supérieur ;
- b) Le Crétacé-Miocène.

a) *La série du Jurassique supérieur* est constituée essentiellement par les calcaires compacts du Portlandien qui succèdent aux bancs massifs du Kimmeridgien.

Aucun lit marneux ne vient diminuer la grande régularité de cet ensemble homogène formé uniquement de *calcaires compacts*.

b) *La série Crétacé-Miocène* est, au contraire, caractérisée par l'alternance de puissantes couches marneuses et de bancs calcaires. Nous pouvons y distinguer de bas en haut :

- 1 — marnes et calcaires marneux purbeckiens (15 à 20 m) ;
- 2 — calcaires valanginiens (40 m) ;
- 3 — marnes hauteriviennes (20 m) ;
- 4 — le calcaire hauterivien (25 à 30 m) ;
- 5 — la molasse marine et d'eau douce.

Cette structure a permis des mouvements locaux de glissements et de plissements favorisés par les assises marneuses.

L'intercalation d'une puissante couche de marnes entre les calcaires valanginiens et hauteriviens explique les mouvements relatifs et le *comportement différent de ces deux étages*. Cela permet de comprendre pourquoi, dans le détail, la tectonique du synclinal apparaît plus complexe que dans les interprétations des auteurs précédents. Cette complexité se lit sur les coupes (fig. 1 et 2). Les plissements secondaires des calcaires hauteriviens atteignent leur maximum vers la ferme de la Droite (Coupe V, fig. 1). Ce point correspond précisément à un rétrécissement de

la vallée et à une accentuation du pendage des couches supérieures du Portlandien (70 à 80° vers le SE).

Nos levés au 1/20.000^e nous ont amené à constater que ces calcaires portlandiens constitués de matériaux plus rigides, plus massifs que la couverture crétacée ont joué un *jeu indépendant* du noyau crétacé.

A) *Portlandien du flanc NW* (flanc normal). Le pendage des couches varie de 40 à 70° et s'atténue rapidement à mesure que l'on s'éloigne de la dolomie qui termine l'étage.

En bordure du chemin des Verrières de Joux aux Granges Michel, une carrière au contact du Purbeckien montre le Portlandien incliné à 45° vers le SE. Sur le même versant, plus au SW, le pendage s'accroît vers la ferme de la Droite, il atteint 70°, puis vers la Cluse il s'atténue à nouveau à 30°. Les calcaires portlandiens du versant NW présentent un pendage vers le SE, dont le maximum est atteint à la ferme de la Droite et au contact du Crétacé. Cette inclinaison des couches diminue dans deux directions : — rapidement à mesure que l'on s'éloigne du contact crétacé (30° à 250 m, 26° à 300 m); — et plus lentement vers la Cluse et vers les Verrières.

B) *Portlandien du flanc SE* (flanc dit inverse).

En bordure du chemin des Verrières, au hameau « Sur le Mont des Verrières », au contact du Purbeckien, le pendage des couches atteint 65° vers le SE (il apparaît donc inversé). A 100 m du contact il s'accroît à 70°, puis les couches passent à la verticale à 250 m; à 300 m elles sont inclinées à 85° vers le NW, donc normales. Il en est de même sur le parcours du chemin des « Granges de Largillat » à la « Grange de la Joux Verte ». Le long du chemin de Saint-Pierre-la-Cluse aux Gauffres-Dessus, vers le dernier hameau, on observe au contact un pendage de 85° vers le SE. Dans la carrière située derrière la ferme à 250 m du contact, *l'inclinaison est redevenue normale avec 23°, vers le NW*.

Sur le flanc SE, qualifié de flanc inverse, le pendage donc redevient normal, avec des inclinaisons variant de 80° à 20° vers le NW, dès que l'on s'éloigne de 3 à 400 m du Purbeckien.

De ces observations nous pouvons conclure que le *Portlandien formant le soubassement du synclinal crétacé-molassique n'est pas déversé*. Seules les couches supérieures voisines de la surface topographique sont inversées. Nous sommes en présence de *mouvements postérieurs aux plissements, de phénomènes de « flambage » dus à la poussée de la montagne*. Par suite de l'érosion de la vallée qui a entraîné la disparition des couches sédimentaires, la poussée du massif montagneux n'est plus équilibrée et les couches superficielles sont déversées vers l'axe de la dépression. Il en résulte que *le fond du synclinal doit être rela-*

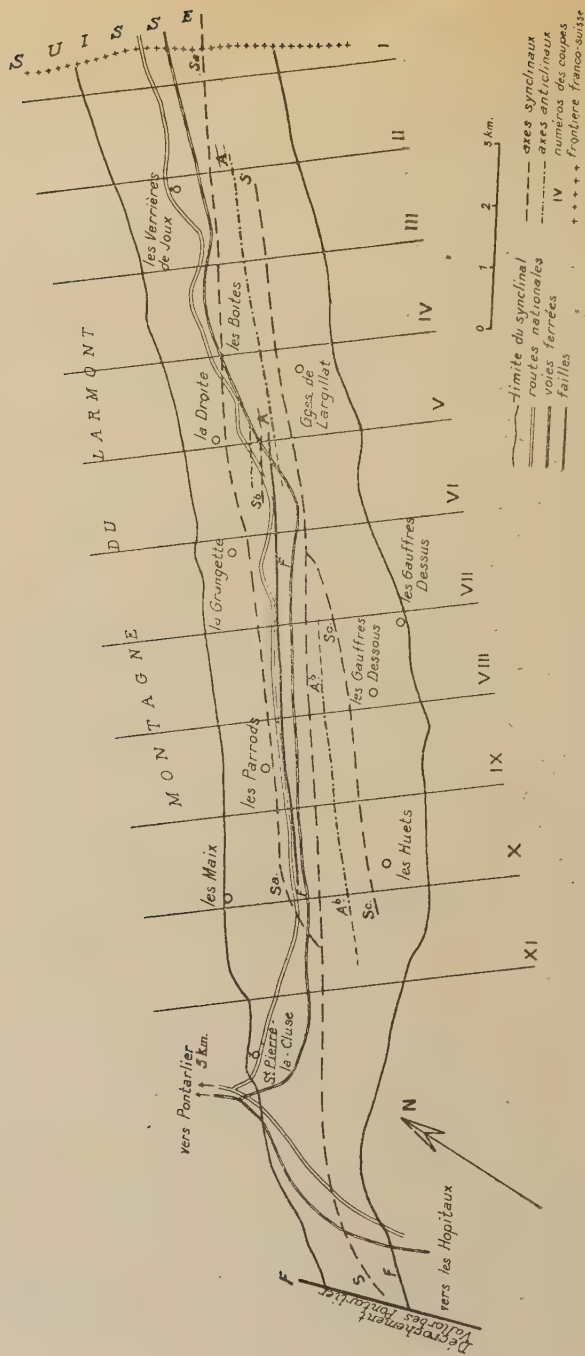


Fig. 2. — Synclinal des Verrières, Schéma tectonique.

tivement plat et régulier avec une légère dissymétrie du flanc SE selon le style tectonique général de la région. C'est ce qu'expriment les coupes I à XI (fig. 1).

c) *Étude des affleurements crétacés et miocènes.* Sur le flanc SE les phénomènes de déversement s'accroissent au sein des couches crétacées et molassiques, notamment le long du chemin du Mont-des-Verrières, ainsi qu'aux Granges de Largillat et aux Granges de la Joux Verte.

A la Vorbe les calcaires d'eau douce du Tortonien présentent un pendage de 55° vers le SE. Le calcaire hauterivien des Gauffres est de même incliné à 45° vers le SE. Ce sont ces observations qui ont conduit M. Fournier à admettre la théorie du renversement du flanc SE [5].

Mais des phénomènes analogues s'observent sur le flanc NW qui pourtant est normal. Ainsi, en face de l'embranchement du chemin des Gauffres, le pendage des calcaires hauteriviens est de 30° vers le NW. Ce pendage se poursuit le long de la route nationale vers les Verrières.

Dans ce complexe il y a lieu de considérer séparément quant à leur étude tectonique : les affleurements de calcaires hauteriviens, de Valanginien et de Purbeckien du flanc SE et les affleurements de calcaires hauteriviens et de Miocène de l'axe du synclinal. Les déversements des premiers formant le flanc SE procèdent de la même cause que celui des calcaires supérieurs du Portlandien.

Les calcaires hauteriviens de la partie axiale du synclinal sont par contre plissés dans le détail et forment des accidents secondaires. Les pendages inverses de la ferme des Maix et en bordure de la route nationale sont dus à la présence d'un synclinal à flanc de coteau dont l'axe fait affleurer la molasse le long du chemin de Saint-Pierre-La-Cluse à la ferme des Maix (Coupe X). Vers la ferme de la Droite, la butte de calcaires hauteriviens montre, sur une largeur de 150 m, 3 anticlinaux et 3 synclinaux (fig. 2). Faut-il admettre que les couches plus profondes, valanginiennes et même portlandiennes ont participé à ces plissements ? Étant donné leur variété et leur faible ampleur nous ne pouvons le supposer. Une autre interprétation s'impose. Nous remarquerons que seuls les calcaires hauteriviens ont subi ces mouvements secondaires et que leur maximum de complexité est atteint au point où s'est produit un rétrécissement du synclinal et une accentuation des pendages du Portlandien de bordure (70° contre 40° aux Granges d'Agneau et 30° à Saint-Pierre-la-Cluse).

Les plissements du Crétacé sont dus à des glissements de la couverture, glissements qui se sont produits à la faveur de la puissante assise des marnes hauteriviennes et auxquels le Valanginien n'a pratiquement pas participé. Le plissement a été maximum dans la partie moyenne où les pendages du Portlandien étaient les plus accentués. En effet, la réaction différentielle de l'Hauterivien et du Valanginien dans l'axe des synclinaux, suivant le phénomène décrit et calculé par M. Goguel, ne suffit pas pour expliquer le décollage et la dysharmonie existant entre le noyau crétacé et son cadre de calcaires portlandiens plus rigides.

Il faut, pour comprendre ce double jeu, admettre comme l'a nettement montré M. Glangeaud, dans une étude récente, que la pesanteur a agi seule, dans une phase ultime *d'ajustement post-tectonique* en donnant des plis du type des « collapse structure » d'Harrison et Falcon.

CONCLUSIONS.

Dans le synclinal des Verrières, les plissements ont atteint le Miocène qui se termine par les formations d'eau douce et qui est légèrement discordant sur le calcaire hauterivien. Il y a lacune due à l'érosion des étages Urgonien, Cénomaniens et Gault observés dans les régions voisines (Pontarlier, synclinaux des Lavaux, Saint-Point).

La structure profonde du synclinal est *normale*, marquant toutefois une légère dissymétrie, le flanc SE étant plus incliné que le flanc NW. Cette dissymétrie s'accroît vers la Suisse où l'on assiste à un déversement accidenté d'un pli-faille.

Nous pouvons identifier deux phases de déformation : un plissement général post-miocène qui a donné naissance au synclinal des Verrières et qui est contemporain des grands plissements du Jura ; et des mouvements de glissements et d'ajustement post-tectoniques qui ont replissé, en *synclinaux et anticlinaux secondaires*, le calcaire hauterivien et déversé *localement* les bancs superficiels des calcaires portlandiens du flanc SE.

BIBLIOGRAPHIE

1. M. BERTRAND. — Carte géologique détaillée de la France. Feuille de Pontarlier au 80.000^e, n° 139, 1887.
2. L. COLOT. — Feuille de Dijon au 320.000^e. Révision de la feuille de Pontarlier au 80.000^e. *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, XIX, C. R. Coll., 1908-1909, n° 122, p. 66-71.

3. L. COLOT. — Feuille de Dijon au 320.000^e. Révision de la Feuille de Pontarlier au 80.000^e. *Ibid.*, XX, 1909-1910, n° 126, p. 467-473.
4. DOLLFUS. — Quelques nouveaux gisements de terrains tertiaires dans le Jura, près de Pontarlier. *B. S. G. F.* (3), XV, p. 179-193, 1886-1887.
5. E. FOURNIER. — Nouvelles études sur la tectonique du Jura Franc-Comtois. *Ibid.* (4), IV, p. 497-512, 1904. Coupe du vallon des Verrières, p. 498, fig. 1. Schéma tectonique du Jura Franc-Comtois, p. 510, fig. 14.
6. D^r A. GIRARDOT. — Géologie stratigraphique de la Franche-Comté septentrionale. Besançon, Marion, 1922, p. 184-185.
7. L. GLANGEAUD. — Les glissements post-tectoniques dans le Jura et leur rôle dans les interprétations structurales. *CR. Ac. Sc.*, 1944, n° 11, p. 466.
8. A. HEIM. — Géologie der Schweiz. Leipzig, 1919. (Coupe pl. XXIV, fig. 11). *In de Margerie* (15), p. 901.
9. A. JACCARD. — Description géologique du Jura Vaudois et Neuchâtelais. *Mat. Carte Géol. Suisse*. 6^e liv., 1870.
10. — Supplément à la description du Jura Vaudois et Neuchâtelais. *Ibid.*, 7^e liv., 1870.
11. — Deuxième supplément à la description du Jura Vaudois et Neuchâtelais. *Ibid.*, 7^e liv., 1893.
12. — Livret-guide dans le Jura et les Alpes Suisses. Lausanne, 1894. (Coupe de Larmonet aux Verrières, pl. A, fig. 14). *In de Margerie* (15), p. 893.
13. C. LORY. — Note sur le terrain néocomien des Monts-Jura. *CR. Ac. Sc.*, XXVII, 1849.
14. — Mémoire sur le terrain crétacé dans le Jura. *Mém. Soc. Em. Doubs*, 3^e série, II, 1857, p. 235-290.
15. E. DE MARGÉRIE. — Mémoires pour servir à l'Explication de la Carte géologique de France. Le Jura. Paris, 1922, 2^e part., p. 951 et suiv.
16. C. MUHLETHALER. — Étude géologique de la région des Verrières, *Bull. Soc. Neuch. Sc. Nat.*, LVI, 1931, p. 123-300.
17. PIERCON. — Le Miocène marin de la Haute Chaîne du Jura. *Bull. Soc. Hist. Nat. Doubs*, n° 41, 1832, p. 54 (bonne bibliographie relative au Miocène du Jura).
18. E. PETIT LAURENT. — Le Haut-Jura souterrain. Besançon, Jacquin, 1919 (Coupe du vallon des Verrières, p. 126).
19. Th. RITTNER. — Coupe générale des Verrières-la Côte aux Fées. *Mat. Carte Géol. Suisse*, Nouv. sér., XIII, 1902, pl. I.
20. D^r H. SCHARDT. — Dépôts glaciaires et tectoniques du Vallon des Verrières. *Bull. Soc. Neuch. Sc. Nat.*, XXX, 1902, p. 404-408. Coupe à travers le Vallon des Verrières, p. 406, fig. 1.
21. C. SPRECHER. — Décrochement de Pontarlier. Coupe 20. Beitrag zur Kenntnis der Querstörung Mollens Vallorbe-Pontarlier, Burgdorf, 1917. *In de Margerie* (15), p. 972.

NOTE SUR LE DOMÉRIEN DU SE DU PLATEAU DE LANGRES

PAR G. Gardet¹.

La zone à *Paltopleuroceras spinatum* du Domérien supérieur est facilement observable aux environs de Langres, grâce à sa composition calcaire au sommet, calcaréo-gréseuse dans sa partie moyenne, nettement gréseuse à la base, qui se traduit dans la topographie régionale par la formation d'un plateau secondaire encerclant au NE, à l'E et au S la grande corniche bajocienne. Mais le passage de cette zone à celle sous-jacente à *Amaltheus margaritatus*, où dominent de beaucoup les éléments schisto-marneux, est difficilement visible tant les éboulis des pentes en masquent les affleurements.

Dans une note antérieure, j'ai résumé mes observations aux environs immédiats de Noidant-Châtenoy²; j'y renvoie le lecteur et complète ces premières données par celles effectuées en novembre 1946, grâce à des travaux exceptionnels entrepris par la commune de Culmont, près de Chalindrey.

Le village manquant d'eau en été, ainsi que la gare de Culmont-Chalindrey, la Municipalité a effectué des travaux de recherche en tête du vallonnement situé à l'W de la voie ferrée Paris-Belfort (sous l'1 de Culmont de la carte au 1/50.000^e en hachures, quadrillage Lambert, coord. 116,2-327,2). Voici l'analyse de ces travaux, telle que M. Varney, Maire de la commune, a bien voulu me la communiquer, ce dont je le remercie infiniment.

Puits n° 1.

- 0 à — 7 m : terrain mélangé, avec blocs de marne dure, ronds ; venue d'eau à 7 m même en été.
- 7 à — 14 m : terrains plus compacts, argile et marne dure avec pëndage presque vertical dans la galerie. Quelques traces rougeâtres. Venué d'eau en hiver.
- 14 à — 22 m : marne plus compacte, avec quelques traces de fer, sans venue d'eau.

1. Note présentée à la séance du 3 mars 1947.

2. G. GARDET. Lias et Bajocien du Sud du Plateau de Langres. *Bull. Serv. Carte géol. France*, n° 216, t. XLV (1944), p. 33-50, 1945.

11 février 1948.

Bull. Soc. Géol. Fr. (5), XVII. — 14

Forage de —22 à —72 m : aucune venue d'eau ; à cette profondeur terrain dur : l'appareillage n'a pas permis de prélever de carottes.

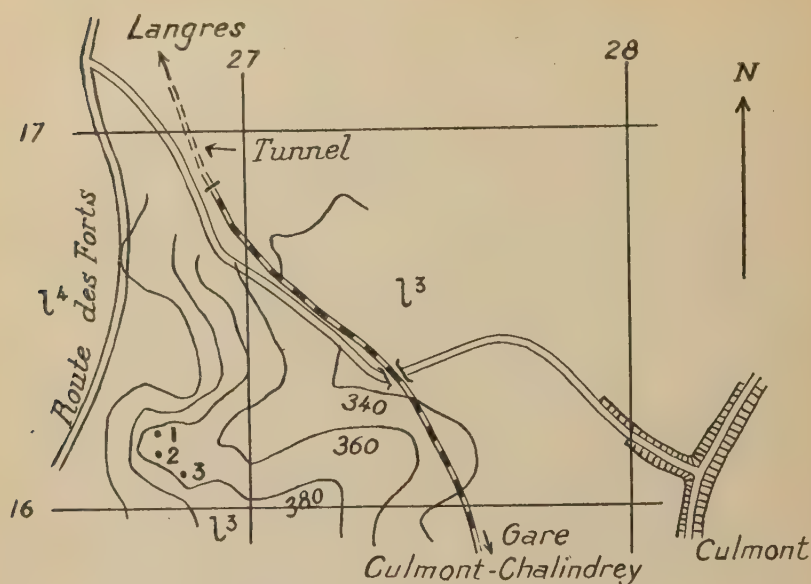


FIG. 1. — Plan au 1/20,000^e des puits et forages de Culmont.

Puits n° 2.

- 0 à —15 m : terrains mélangés avec gros rognons de marne dure, avec faille assez large sur le côté SW. Venue d'eau entre 14 et 15 m par cette fissure.
- 15 à 15,80 m : marne bleue compacte.

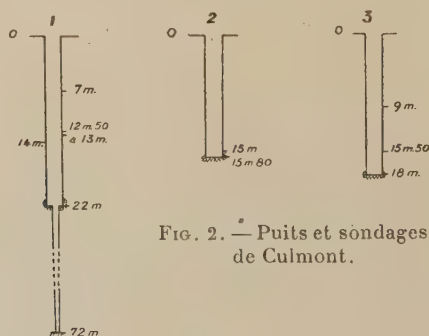


FIG. 2. — Puits et sondages de Culmont.

Puits n° 3.

- 0 à —9 m : terrains mélangés avec rognons tête de loup. De légères venues d'eau du SW et de l'W.

— 0 à — 18 m : marne bleue compacte par bancs de 60 à 80 cm de haut sur les hauteurs de 9 m à 15,50 m, moins compacte et tendance à être feuilletée de 15,50 m à 18 m. Pas d'eau. Ruissellement venant probablement du haut, le long des parois.

Je n'ai eu connaissance de ces travaux qu'après leur achèvement ; par suite il m'est impossible de donner des précisions absolues sur la nature des terrains traversés par l'entreprise Charles Marquis de Saint-Dizier. Par contre, l'étude attentive des matériaux extraits des puits m'a montré qu'en cette tête du vallonnement on a coupé les couches suivantes, de haut en bas :

- Calcaires gréseux en grosses miches ovoïdiques, peu gélives, renfermant en leur centre des amas de petits fossiles : *Plicatula spinosa* Sow., var., *Rhynchonella tetraedra* Sow., *Paltoleuroceras spinatum* BRUG. Parfois petits amas d'articles séparés de Crinoïdes associés à de menus radioles brisés de *Cidaris* sp.
- Grès marneux, jaunâtres, assez finement lités, avec *P. spinatum* (petit) et *A. margaritatus* (adulte).
- Grès micacés, peu fossilifères, finement lités.
- Grès argileux, gris noirâtres, fins et micacés, avec assez nombreuses Bélemnites, menus débris charbonneux et gros débris de plantes transformés en pyrite.
- Schistes noirs, se délitant en grosses boules plus au moins ovoïdiques et se délitant rapidement par exposition à l'air en minces feuillets plans. On y recueille parfois de très petites Ammonites pyriteuses dont *P. spinatum* et *A. margaritatus* ; cette dernière se rencontre également en échantillons adultes aplatis. Le sommet est encore gréseux, la base est franchement marneuse et contient une grande quantité de fossiles parmi lesquels : *Pseudopecten aequivalvis* Sow., *Chlamys textorius* SCHL., *Entolium Hehli* d'ORB., *Pleuromya striatula* AG., *P. unioides* d'ORB., *Pholadomya reticulata* AG., *Mactromya Janthe* d'ORB., *Parallelodon elongatum* Sow., *Nucula* sp., *Leda galathea* d'ORB., *Modiola suevica* ROLL., *Oxytoma inaequalvis* Sow., *Lima pectinoides* Sow., *Plicatula (Harpax) spinosa* var., de rares moules internes de Gastropodes et surtout abondantes Bélemnites fragmentées en tronçons multiples dont *Passaloteuthis Bruguierianus* d'ORB., *Prototeuthis armatus* DUM., *Pachyteuthis acutus* MILL., *Dactyloteuthis subirregularis* LISSAJ.
- Passée schisto-noirâtre, avec grosses oolites de sidérose brunâtres, également fossilifère.
- Marnes schisteuses, noirâtres, feuilletées, se délitant rapidement à l'air, avec fossiles rares.

Je n'ai pas trouvé trace, dans les déblais, des calcaires ferrugineux, oolithiques, si bien visibles au sommet des diverses tran-

chées encaissées que traverse la voie ferrée avant de s'engager dans le tunnel, mais on les observe plus ou moins en place un peu en aval des sondages, sur la rive gauche du vallonnement et au sommet des cultures. Comme à Noidant ils m'ont donné *Liogryphaea cymbium* LMK., et *Pseudopecten æquivalvis* Sow. en échantillons de grande taille ainsi qu'un fragment d'*Entolium* sp.

L'intérêt de ces coupes exceptionnelles, dont le point de départ se situe à la base des calcaires gréseux du Domérien supérieur, est de montrer l'extraordinaire richesse en fossiles des couches de passage de la zone à *P. spinatum* à la zone à *A. margaritatus*, lesquelles, à Noidant, se montrent quasi stériles (quelques petites Bélemnites et un échantillon adulte d'*A. margaritatus* à 50 cm au-dessus du niveau supérieur de l'oolithe ferrugineuse). C'est par dizaines qu'on peut recueillir *Pseudopecten æquivalvis*, lequel servait jusqu'alors à caractériser les deux niveaux ferrugineux sous-jacents; l'espèce monte d'ailleurs plus haut car je possède, des calcaires ferrugineux du toit du Domérien de Noidant, un grand moule interne complet mesurant : longueur 15, largeur 16, épaisseur 4 cm. L'abondance des Bélemnites est également à noter, ainsi que la présence de débris végétaux dénonçant, avec les sédiments gréseux qui suivent, le peu de profondeur de la mer domérienne en ce moment précis. La coexistence des deux Ammonites caractéristiques dans les dernières assises schisteuses du Domérien montre que le passage de l'une à l'autre zone est progressif, d'où l'impossibilité de définir exactement la base de la zone à *P. spinatum*, le toit de celle sous-jacente; pratiquement, il convient de placer cette limite à la base des grès micacés, laquelle correspond à la naissance de l'abrupt rocailleux limitant à l'E et au S le plateau domérien.

Si *P. æquivalvis* ne peut raisonnablement dater les deux niveaux ferrugineux de la partie moyenne de la zone à *A. margaritatus*, il est possible, à défaut d'Ammonites, d'utiliser d'autres fossiles dont : *Liogryphaea cymbium*, en raison de son abondance et surtout le grand *Entolium*, plutôt rare, il est vrai, mais que l'on n'a jamais signalé plus bas ni plus haut.

FACIÈS, ÉPAISSEUR DES SÉDIMENTS ET PALÉOGÉOGRAPHIE DANS LE BAS-SAHARA PENDANT LES TEMPS SECONDAIRES

PAR **R. Laffitte**¹.

La partie du Sahara appelée Bas-Sahara qui s'étend immédiatement au S de l'Atlas dans l'Est algérien et le Sud tunisien, est une cuvette déprimée s'abaissant au-dessous du niveau de la mer et remplie dans sa partie centrale par des sédiments néogènes continentaux.

Sous cette couverture on voit affleurer, à la partie septentrionale du Bas-Sahara dans les premiers chaînons de l'Atlas, toute la série secondaire. De même, vers l'E dans le Sud tunisien, l'immense dôme de la Djeffara permet d'observer le Crétacé, le Jurassique et le Trias. Ce dernier reposant sur le Permien marin (calcaire à *Fusulines pro parte*). Par contre, vers l'E et au S, le Crétacé repose directement sur le Primaire, car le continental intercalaire (C. Kilian) ou Albien (*auct.*) qui apparaît sous le Crétacé supérieur du M'Zab et de la Hammada de Tinrert, semble bien d'âge Crétacé inférieur.

Dans ce Bas-Sahara, les terrains secondaires revêtent un faciès tantôt continental, tantôt lagunaire, tantôt marin, mais alors il s'agit toujours de formations d'eaux très peu profondes et il n'existe à peu près aucune formation marine épaisse sans intercalations gypseuses.

I. SÉRIE SECONDAIRE DU SUD TUNISIEN.

La coupe des terrains secondaires, telle qu'on peut l'observer dans le dôme de la Djeffara d'après les géologues de Tunisie², est la suivante :

1. Note présentée à la séance du 3 mars 1947.

2. L. PERVINQUIÈRE. Sur la géologie de l'Extrême-Sud tunisien et de la Tripolitaine. *B. S. G. F.* (4), XII, p. 143-193, 1912.

M. SOLIGNAC. Description d'une nouvelle carte géologique de la Tunisie à l'échelle de 1/500.000°. Direction des T. P. de Tunisie 1931.

A. ROBAUX et G. CHUBERT. Carte géologique et hydrogéologique provisoire de la Tunisie. Feuille de Fom Tatahouine au 1/200.000°. Notice explicative. Direction des T. P. de Tunisie. Tunis, sans date (1940?).

G. MATHIEU. Discordance et faciès dans l'Extrême-Sud tunisien *CR. Ac. Sc.*, t. CCXI, n° 5, p. 69-71.

TRIAS : grès bigarré, calcaire coquillier, gypse, épaisseur plus de 1.000 m.

LIAS : masse gypseuse très importante (300 m environ), avec, à la partie supérieure surtout, intercalations de marnes, calcaires, grès et dolomies.

JURASSIQUE : gypses, marnes, calcaires, dolomies, grès, 200 m environ.

CRÉTACÉ INFÉRIEUR : marnes lagunaires ou continentales, grès à bois silicifiés, 150 m.

CRÉTACÉ SUPÉRIEUR : calcaires et marnes, fréquentes intercalations gypseuses, 250 m.

Vers le N, ces terrains diminuent rapidement d'épaisseur et à l'W de Medenine, au Dj. Tebaga, le Crétacé supérieur repose

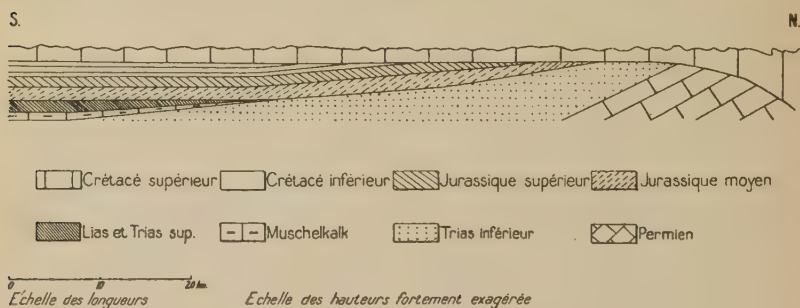


FIG. 1. — Coupe schématique S-N du seuil Nord-Saharien du Dj. Tebaga (Sud tunisien).

directement sur le Permien marin. La coupe schématique (fig. 1) établie d'après la carte au 1/200.000^e de Tunisie, feuille de Medenine, par E. Berkaloïff, montre la disparition vers le N de toutes les séries secondaires antécénomaniennes, soit que ces séries n'aient jamais existé, soit qu'elles aient disparu par suite d'érosions d'âge secondaire. De toute façon, il a existé en ce point un seuil très net pendant presque tout le Secondaire.

II. SÉRIE CRÉTACÉ SUPÉRIEUR.

Dans le Sud algérois, il existe dans la partie centrale du Bas-Sahara, une série Crétacé supérieur bien développée, d'environ 1.000 m d'épaisseur, peut-être plus. Mais il est difficile d'avoir des chiffres précis à cause de la difficulté de reconnaître les niveaux dans les sondages¹ qui nous ont fait connaître cette

1. Archives du Service de l'Hydraulique et de la Colonisation. Sondage de

série dans la partie centrale du bassin, là où elle atteint son maximum d'épaisseur (sondages de Sidi-Bou-Djenane près Touggourt et de Ouargla). Les faciès d'évaporation sont là beaucoup plus développés qu'aux affleurements sur les bords du bassin ; différences originelles ou dues à des phénomènes de dissolution qui peuvent d'ailleurs avoir été à peu près contemporains de la sédimentation.

A Touggourt, dans des couches attribuées au Sénonien supérieur par M. Savornin, le sondage a traversé une masse gypseuse de 53 m d'épaisseur avec seulement quelques fines intercalations marneuses entre 514 et 571 m, sans parler de très nombreuses couches de gypse d'épaisseur moindre.

A Ouargla, outre de nombreux bancs de gypse et d'anhydrite,

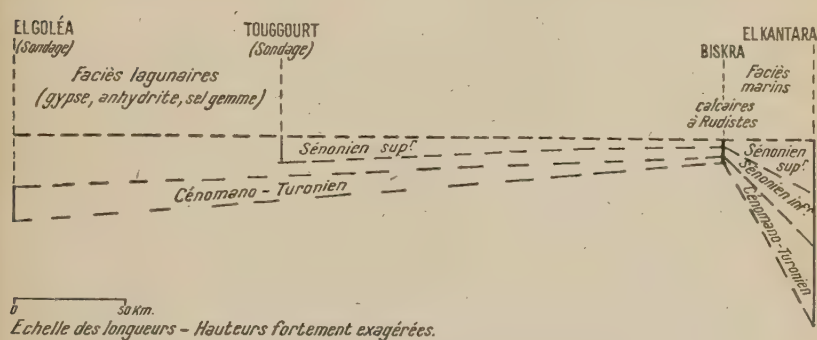


FIG. 2. — Variations d'épaisseur du Crétacé supérieur
au N du Bas-Sahara dans le Sud-constantinois.

le sondage a traversé depuis 621 m jusqu'à 737 m dans le Cénomanién, une masse de sel gemme seulement coupée par un banc calcaire de 1 m d'épaisseur et 2 bancs d'anhydrite d'une puissance totale de 6 m. Il s'agit toujours de couches horizontales.

A la bordure N du Bas-Sahara dans la région de Biskra, cette même série Crétacé supérieur affleure dans l'anticlinal du Bou-Rhezel. Les faciès sont très différents, les formations lagunaires ne jouent plus qu'un rôle épisodique, faisant place à des formations récifales très développées, calcaires à Rudistes et Polypiers. Le Cénomanién a une puissance de moins de 100 m, le Turonien a environ 60 m et le Sénonien 400 m de puissance, soit au total 5 à 600 m, c'est-à-dire la moitié environ des formations lagunaires du S.

Sidi-Bou-Djenane près Touggourt, profondeur 899 m, et de Ouargla, profondeur 893 m. Interprétations stratigraphiques par M. J. SAVORNIN.

Immédiatement au N, ces formations font place à des séries marines néritiques où les sédiments récifaux et lagunaires n'ont plus qu'une faible importance et le Crétacé supérieur atteint 3.500 m d'épaisseur à El-Kantara. Ce sont ces variations d'épaisseurs qui ont été schématisées sur la fig. 2.

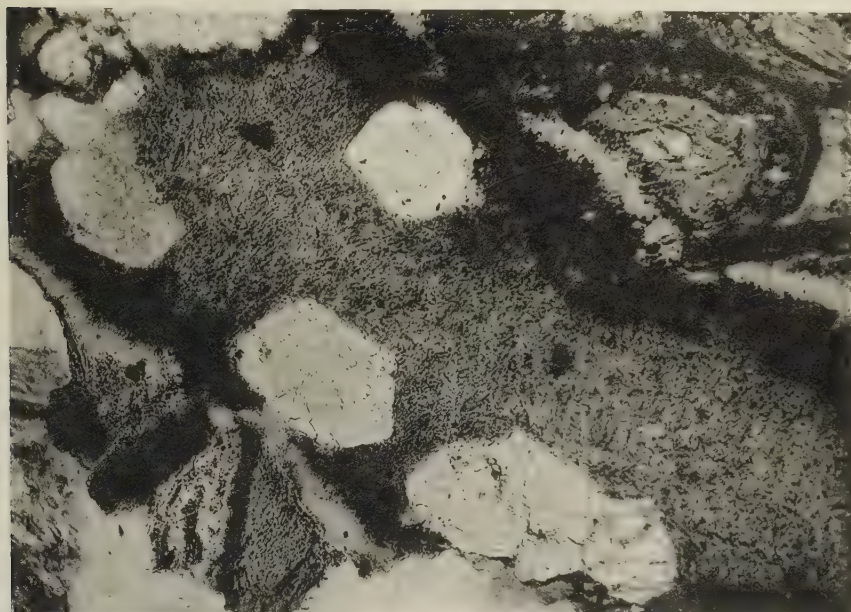
CONCLUSIONS.

On voit donc que la sédimentation dans le Bas-Sahara a été au cours des temps secondaires essentiellement lagunaire, tandis que plus au N vers le « large » se déposent des sédiments marins francs, néritiques, plus profonds. Il ne semble pas qu'il se soit toujours agit, comme on l'avait implicitement admis jusqu'ici, d'une simple augmentation des épaisseurs des terrains et de profondeur des mers. En deux endroits, en effet, on peut caractériser l'existence d'un seuil par une sédimentation d'épaisseur réduite ou des érosions (Dj. Tebaga) ou par l'existence d'une barrière récifale (région de Biskra). Ces seuils gênaient les communications avec le N, c'est-à-dire avec la haute mer, d'un golfe occupant l'emplacement du Bas-Sahara, golfe dans lequel la fréquence des faciès d'évaporation atteste qu'il fut par moment transformé en une véritable mer intérieure à rapports précaires avec le large.

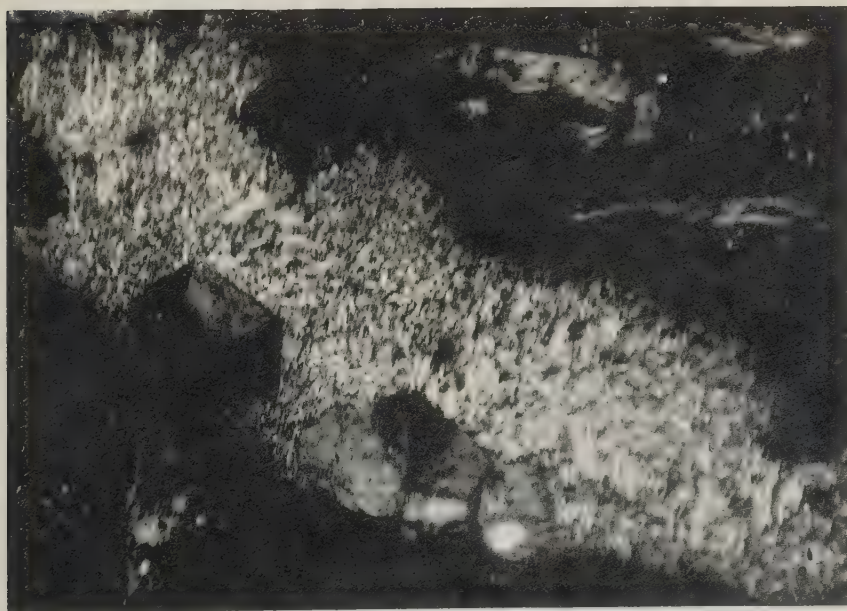
Il n'est pas possible, dans l'état actuel de nos connaissances, de raccorder pour imaginer un seuil continu deux points distants de 450 km et où les phénomènes signalés, quoique se ramenant bien tous deux à des réductions d'épaisseur, se sont produits à des époques différentes. Mais l'existence de ces deux hauts-fonds à sédimentation d'épaisseur minime dans une zone caractérisée tout au long de la bordure N du Bas-Sahara par des passages de faciès lagunaires à des faciès marins, donne à celle-ci un caractère particulier sur lequel nous voulions attirer l'attention ¹.

1. Sur le versant NW du Dj. Djelouadj, à 10 km au S d'El Haouita et 150 km environ au SW de Laghouat, dans le S-algérois, M. L. CHADENSON m'a montré une discordance angulaire nette des calcaires massifs du Turonien sur les marno-calcaires-cénomaniens. Cette discordance qui s'observe là au pied de l'Atlas, à la limite du Sahara, alors que partout ailleurs tant dans la chaîne que sur le socle saharien la concordance des deux étages est la règle, peut être considérée comme caractérisant un troisième point où s'observent des réductions d'épaisseur et des lacunes à la limite du bassin sédimentaire du Bas Sahara et du sillon sédimentaire de l'Atlas saharien. La distance entre les points extrêmes se trouve ainsi portée à 750 km, au long desquels de nouvelles observations nous ferons peut-être connaître ce que l'on pourra alors appeler le seuil sud-atlasique. (*Note ajoutée en cours d'impression le 31-XII-47*).



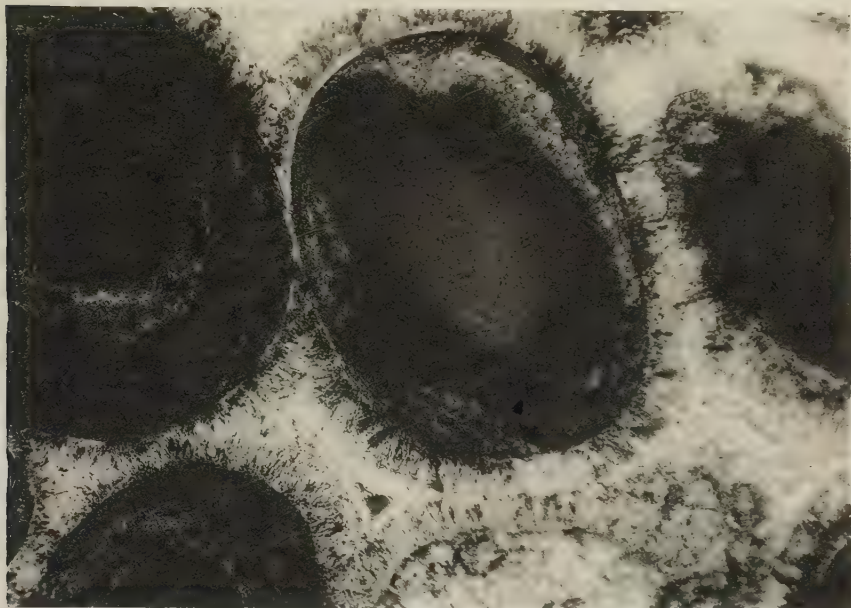


1

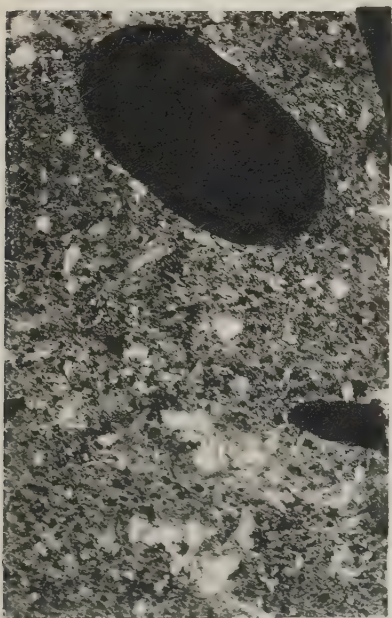


2

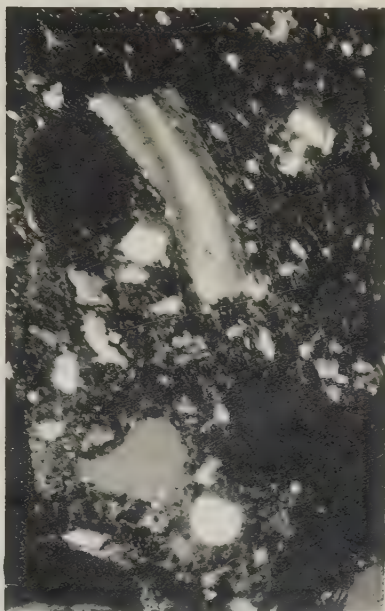
Phototypie Méffin, Antoine & Cie
Arcueil (Seine)



1



2



3



1



2



1



2



1

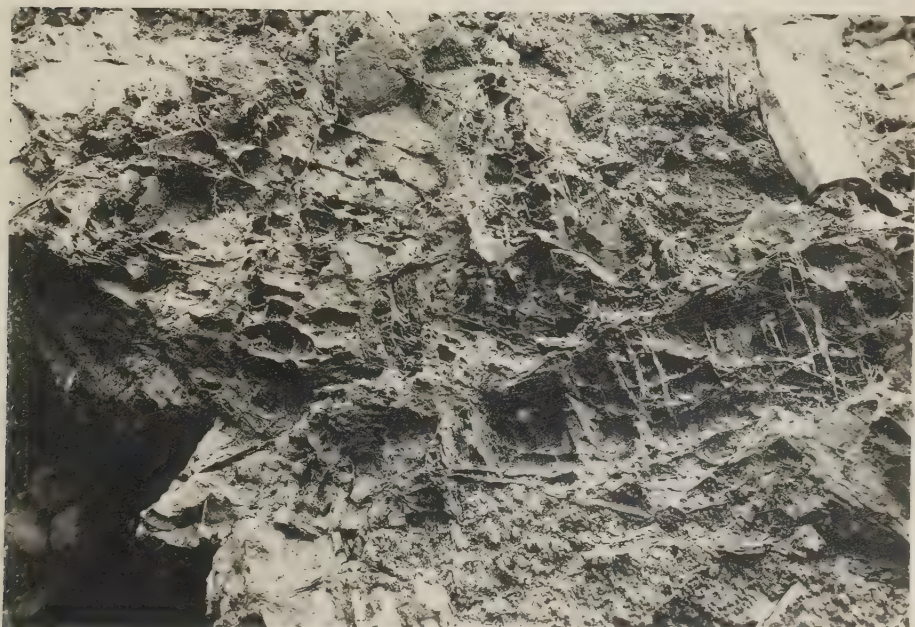


2





1



2



MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

(Nouvelle Série)

Tome XIX, 1940.

- 1-2. — 42. — C^{el} GÉRARD et J. BICHELONNE, *Les Ammonites aaléniennes du Mineraidefer de Lorraine*, 33 pl., 60 p. fr. 420
- 3-4. — 43. — Geneviève DELPEY, *Gastéropodes marins : Paléontologie — Stratigraphie*, 28 pl., 112 p. fr. 300

Tome XX, 1941.

1. — 44. — Colette DECHASEAUX, *Rudistes : I. Diceras et Heterodicerias*, 4 pl., 55 p. fr. 240
- 2-3. — 45. — Maurice LERICHE, *Contribution à l'étude des faunes ichthyologiques marines des Terrains tertiaires de la Plaine Côtière Atlantique et du Centre des États-Unis. Le synchronisme des formations tertiaires des deux côtés de l'Atlantique*, 8 pl., 112 p. fr. 420

Tome XXI, 1942.

- 1-2. — 46. — André CAILLEUX, *Les actions éoliennes périglaciaires en Europe*, 5 pl., 176 p. fr. 420
- 3-4. — 47. — A.-F. DE LAPPARENT, *Les Dinosauriens jurassiques de Damparis (Jura)*, 5 pl., 21 p. fr. 120

Tome XXII, 1943.

1. — 48. — Fr. DOUVILLÉ, *Contribution à l'étude des faunes du Cornbrash. Révision des genres Clydoniceras et Macrocephalites*, 7 pl., 48 p. fr. 220
- 2-4. — 49. — LÉON BERTRAND, *Les chaînons et hauts-plateaux provençaux du Sud-Ouest des Alpes-Maritimes et des régions avoisinantes des Basses-Alpes et du département du Var*, 4 pl., 90 p. fr. 390

Tome XXIII, 1944-45.

- 1-2 — 50. — J. ROGER, *Révision des Pectinidés de l'Oligocène du domaine nordique*, 2 pl., 57 p. 250
- 3-4. — 51. — J. ROGER, *Les Invertébrés des couches à Poissons du Crétacé supérieur du Liban*, 10 pl., 94 p. 450

Tome XXIV, 1946.

- 1-4. — 52. — M. RICHARD, *Contribution à l'étude du Bassin d'Aquitaine. Les gisements de Mammifères tertiaires.*

Tome XXV, 1947.

- 1-4. — 53. — P. BONNET, *Description géologique de la Transcaucasie méridionale.*

Tome XXVI, 1947.

- 1-2. — 54. — B. CHOUBERT, *Géochimie des Magmas et permanences statistiques.*
3. — 55. — A. MICHEL-LÉVY et J. WYART, *Reproduction artificielle de minéraux silicatés à haute pression. Métamorphisme artificiel des roches.*
4. — 56. — A. F. DE LAPPARENT, *Les Dinosauriens du Crétacé supérieur du Midi de la France.*

TABLE DES MATIÈRES (TOME XVII, FASCICULE 1-2-3)

	Pages
L. Dubertret. — Problèmes de la géologie du Levant (1 pl., 10 fig., 1 tabl. de coupes).....	1
V. Stchépinsky. — Sur la limite septentrionale du Plateau syrien (1 fig.).....	33
N. Oulianoff. — Infrastructure des Alpes et tremblement de terre du 25 janvier 1946 (1 fig.).....	39
P. Lapadu-Hargues. — Une grande région de faible résistance dans la partie médiane du Massif Central français (1 fig.).....	55
H. et G. Termier. — Un organisme récifal du Cambrien marocain : <i>Anzalia cerebriformis</i> nov. gen. nov. sp. (4 fig.).....	61
G. F. Elliott. — Distribution des Brachiopodes en espèces et ses causes, illustrée par les Térébratulunidés de l'Éocène de l'Europe occidentale. 67	67
P. Russo. — Contribution à l'étude tectonique de la Méditerranée occidentale (4 fig.).....	81
J. Caillère et F. Kraut. — Sur le minerai de fer oolithique de Moulaine et sur la présence dans ce minerai d'un minéral phosphaté (2 pl., 4 fig.)..	97
E. de Chételat. — La genèse et l'évolution des gisements de nickel de la Nouvelle-Calédonie (6 pl., 10 fig., 3 tabl.).....	105
J. Fromaget. — Observations géologiques sur la région minéralisée en cuivre et en étain située au sud-ouest du Tranninh (Laos) (P'ou P'a Pet et Haut Nam Thong) (11 fig., 1 carte).....	161
A. Paque. — Faune et morphologie des alluvions anciennes de l'Ornain et de l'Ante (2 fig.).....	193
G. Castany. — Le synclinal des Verrières (Jura) et la « collapse structure » (2 fig.).....	199
G. Gardet. — Note sur le Domérien du SE du Plateau de Langres (2 fig.).....	209
R. Laffitte. — Faciès, épaisseur des sédiments et paléogéographie dans le Bas-Sahara pendant les temps secondaires (2 fig.).....	213

La gérante de la Soc. Géol. : M^{me} HAUMONT.